



Trabajo para la obtención del Título de Graduado en Ciencias del Deporte

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**ANÁLISIS DE LOS PATRONES  
NUTRICIONALES Y DE SUEÑO EN UN  
COLECTIVO QUE REALIZÓ LAS PRUEBAS  
FÍSICAS DE ACCESO**

**Autor:**

Don Daniel Fernández Lorenzo

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de  
la Actividad Física y el deporte (INEF).

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2014-2015





Trabajo para la obtención del Título de Graduado en Ciencias del Deporte

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**ANÁLISIS DE LOS PATRONES NUTRICIONALES  
Y DE SUEÑO EN UN COLECTIVO QUE REALIZÓ  
LAS PRUEBAS FÍSICAS DE ACCESO**

**Autor:**

Don Daniel Fernández Lorenzo

**Dirigido por:**

Dra. Guadalupe Garrido Pastor

(Doctora en Farmacia)

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la  
Actividad Física y el deporte (INEF).

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2014-2015

## **AGRADECIMIENTOS:**

El presente trabajo pone el cierre a cuatro años de estudios universitarios en los que he adquirido distintos conocimientos y experiencias a nivel académico, formativo y personal. Por ello, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

A la Dra. Guadalupe Garrido por haberme seleccionado para realizar bajo su tutela el presente proyecto, por su dedicación, su apoyo y por su entrega durante todos estos meses que han culminado en la presentación del presente trabajo.

A todas aquellas personas que han colaborado en mi crecimiento profesional y personal, tanto dentro como fuera de esta Facultad, en especial a todos aquellos compañeros, profesores y familiares que me han acompañado en los buenos y en los malos momentos durante todos estos años mostrándome su apoyo en todos los aspectos.

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

1. MARCO TEÓRICO .....	16
1.1 PRUEBAS FÍSICAS INEF .....	16
1.2 POSIBLES FACTORES DETERMINANTES DEL ÉXITO EN PRUEBAS FÍSICAS COMBINADAS.....	17
1.3 SISTEMAS ENERGÉTICOS DURANTE EL EJERCICIO:.....	19
1.3.1. PRINCIPALES VÍAS PRIORITARIAMENTE UTILIZADAS EN CADA UNA DE LAS PRUEBAS FÍSICAS .....	22
1.4 NUTRICIÓN Y RENDIMIENTO .....	23
1.4.1 REQUERIMIENTOS DE MACRONUTRIENTES EN PERSONAS FÍSICAMENTE ACTIVAS.....	26
1.4.2 ALIMENTACIÓN ANTES, DURANTE Y DESPUÉS.....	31
1.4.2.1 COMIDA PRE-EJERCICIO .....	31
1.4.2.2 COMIDA DURANTE EL EJERCICIO .....	34
1.4.2.3 COMIDA TRAS EJERCICIO. RECUPERACIÓN .....	36
1.4.3 HIDRATACION.....	40
1.4.3.1 RECOMENDACIONES DE LÍQUIDOS Y ELECTROLITOS.....	40
1.4.4 CONCEPTOS CLAVE.....	43
1.5 CONCEPTO E IMPORTANCIA FISIOLÓGICA DEL SUEÑO.....	43
1.5.1. PROBLEMÁTICA DEL SUEÑO EN EL ÁMBITO DEPORTIVO .....	46
1.5.2 FACTORES NUTRICIONALES Y SUPLEMENTOS INDUCTORES O INHIBIDORES DEL SUEÑO ..	48
1.5.3 RECOMENDACIONES GENERALES .....	51
2. OBJETIVOS .....	54
3. MATERIALES Y MÉTODOS:.....	56
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.....	56
3.2 METODOLOGÍA PARA VALORAR LA ALIMENTACIÓN EL DÍA DE LAS PRUEBAS DE LOS ASPIRANTES.....	56
4. RESULTADOS.....	60
4.1 ESTUDIO NUTRICIONAL .....	60
4.1.1 RESULTADOS DEL DESAYUNO .....	60
4.1.2 RESULTADOS DEL TENTEMPÍE DE MEDIA MAÑANA .....	61
4.1.3RESULTADOS DEL ALMUERZO .....	62
4.1.4 RESULTADOS DE LA MERIENDA.....	63
4.1.5RESULTADOS DE LA CENA .....	63
4.2 ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA INGESTA EN LAS 24 HORAS QUE RODEAN A LAS PRUEBAS DE ACCESO .....	64

4.3 RESULTADOS DEL REGISTRO DEL APORTE DE FLUIDOS .....	67
4.4 RESULTADOS ACERCA DE LAS HORAS DE SUEÑO.....	68
5. DISCUSIÓN .....	70
6. CONCLUSIONES .....	76
7. LIMITACIONES DEL TRABAJO .....	78
8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	80
9. BIBLIOGRAFÍA: .....	82
10. ANEXO 1. TRÍPTICO PRUEBAS FÍSICAS.....	94
11. ANEXO 2. HOJA INFORMATIVA DEL ESTUDIO .....	95
12. ANEXO 3. CUESTIONARIO .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Determinantes del comportamiento alimentario según la AHA.....	18
Figura 2. Selección de las vías de producción de energía en función de la duración del ejercicio.....	21
Figura3. Vista general de las principales zonas de regulación del sueño así como de algunos de los neurotransmisores implicados.....	44
Figura 4. Efectos de la dieta y consumo de triptófano e inducción a la síntesis de serotonina.....	47
Figura 5. Distribución porcentual de la energía aportada en el desayuno por los diferentes macronutrientes.....	59
Figura 6. Distribución porcentual de la energía aportada por los diferentes macronutrientes en el tentempié de media mañana durante las pruebas físicas de ingreso .....	60
Figura 7. Distribución porcentual de la energía aportada por los diferentes macronutrientes en el almuerzo en el día de las pruebas físicas de ingreso.....	60
Figura 8. Distribución porcentual de la energía consumida en la merienda el día de las pruebas físicas de ingreso.....	61
Figura 9. Distribución porcentual de la energía consumida en la cena del día previo a las pruebas físicas de ingreso.....	62
Figura 10. Energía consumida en las distintas comidas expresada en valores relativos al peso (Kcal/kg).....	62
Figura 11. Contribución de cada macronutriente al aporte energético total diario en las mujeres.....	63
Figura 12. Contribución de cada macronutriente al aporte energético total diario en los varones.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Sistemas de producción de energía.....	19
Tabla 2- Valores recomendados (Kcal/Kg)según diferentes organismos de relevancia en el ámbito deportivo para poblaciones de deportistas.....	25
Tabla 3- Requerimientos de HC según diferentes organismos de relevancia en el ámbito deportivo en función del grado de actividad física.....	27
Tabla 4 - Requerimientos diarios de proteínas según diferentes organismos de relevancia en el ámbito deportivo y grado de actividad física.....	29
Tabla 5 - Requerimientos de HC previos al ejercicio.....	33
Tabla 6 - Requerimientos de HC durante el ejercicio.....	35
Tabla 7 - Requerimientos de HC después del ejercicio.....	38
Tabla 8 - Recomendaciones para la ingesta de fluidos antes, durante y después del ejercicio.....	41
Tabla 9- Comparación del perfil calórico (distribución porcentual de la energía aportada por los tres macronutrientes energéticos) en la dieta del día de las pruebas físicas de los aspirantes a estudiantes de la facultad de FCAFD frente a los de la población española (MAGRAMA 2012) y a las recomendaciones propuestas por organismos de relevancia en el ámbito de la nutrición (Food and Nutrition Board o FNB y la FEN).....	71



## ÍNDICE DE GRÁFICAS:

Gráfica 1- Distribución porcentual de la muestra según la ingesta del desayuno y del tentempié de media mañana.....	58
Gráfica 2- Comparación del consumo de HC y proteínas en valores relativos al peso (g/kg) entre hombres y mujeres.....	64
Gráfica 3 - Contribución energética de cada comida.....	65
Gráfica 4- Promedio de agua en las distintas ingestas del día.....	66
Gráfica 5- Promedio de horas de sueño.....	67
Gráfica 6- Comparación del promedio de horas de sueño entre hombres y mujeres.....	67

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

ACSM: *American College of Sport Medicine*

AHA: *American Heart Association* (Asociación Americana del Corazón)

ATP: Trifosfato de Adenosina

COI: Comité Olímpico Internacional

DRIs: Dietary Reference Intakes

FACyD: Facultad de Ciencias de la Actividad física y el Deporte

FEN: Fundación Española de Nutrición

FNB: Food and Nutrition Board

HC: Hidratos de Carbono

IAD: Instituto Australiano del Deporte

ISSN: *International Society for Sports Nutrition*

Kcal: Kilocaloría

kg: Kilogramos

PC: Fosfato de creatina

RDA: *Recommended Dietary Allowances* (cantidad Diaria Recomendada)

## **COMPETENCIAS:**

Entre las competencias (tanto generales como específicas), cubiertas con la realización del presente trabajo, se destacan:

### **Competencias generales:**

CG 1. Desarrollar y mostrar en su aplicación una alta capacidad de análisis y de síntesis de la información relativa al campo de conocimiento y profesional. Nivel 3.

CG 2. Desarrollar habilidades y estrategias que incidan en la capacidad para trabajar en forma autónoma. Nivel 3.

CG 4. Mostrar disposición y habilidad para el trabajo y el liderazgo en equipo. Nivel 3.

CG 5. Gestionar con eficacia y eficiencia la información procedente de diferentes fuentes integrando sus aspectos relevantes para el cumplimiento de los objetivos. Nivel 3.

CG 6. Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado. Nivel 3.

CG 7. Ajustar las propias capacidades, los recursos y condiciones del entorno para adaptarse a nuevas situaciones en las que debe aplicar conocimientos y habilidades profesionales. Nivel 3.

CG 9. Resolver con eficacia, creatividad y eficiencia problemas inherentes a su campo de conocimiento y profesional utilizando estrategias y técnicas adecuadas y, si procede, innovadoras. Nivel 3.

CG 10. Mostrar capacidad de aprender nuevos conocimientos y habilidades a lo largo de su vida profesional y personal. Nivel 3.

CG 11. Adoptar y mostrar una actitud favorable a la búsqueda de la calidad en el desempeño de sus funciones profesionales, sea cual sea su ámbito de acción e intervención, incluyendo un alto nivel sistemático de reflexión crítica sobre su propia práctica profesional. Nivel 3.

CG 12. Comprender y manejar la literatura científica del ámbito de la actividad física y el deporte en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico y específico de conocimiento. Nivel 2.

CG 13. Desarrollar habilidades adecuadas de comunicación oral y escrita en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico y específico de conocimiento, que permitan la adecuada comunicación y transferencia de conocimientos. Nivel 3.

CG 14. Utilizar y aplicar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) al ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, usando las principales fuentes de información científica disponibles. Nivel 3.

CG 16. Desarrollar la conciencia de respeto e igualdad entre géneros, igualdad democrática y atención a la diversidad, como principios éticos necesarios para el correcto ejercicio profesional en las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Nivel 3.

### **3.2.2 Competencias específicas**

CE 12. Planificar, desarrollar y evaluar la realización de programas de actividades físico deportivas orientadas a la prevención y mejora de la salud. Nivel 3.

CE 13. Aplicar, de manera fundamentada y argumentada, los principios fisiológicos, biomecánicos, comportamentales y sociales al campo de la actividad física y salud. Nivel 3.

CE 14. Evaluar la condición física y prescribir ejercicios físicos orientados hacia la salud. Nivel 2.

CE 26. Presentar de forma oral y escrita, información clara y detallada de una amplia serie de temas relacionados con la especialidad del alumno, utilizando el lenguaje específico de cada campo académico y profesional.

### **3.2.1 Competencias Transversales (implícitas entre CG y CE)**

CT 1. Uso de la lengua inglesa.

CT 2. Trabajo en equipo.

CT 3. Comunicación oral y escrita.

CT 4 Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.

CT 5. Creatividad.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo describir las pautas nutricionales y de sueño en un colectivo de aspirantes a estudiantes en la FCAyD el día que realizaron las pruebas físicas para el acceso. El estudio se llevó a cabo con sujetos que se presentaron a las pruebas físicas que tuvieron lugar entre los días 30 de junio y 4 de julio del año 2014. La participación en el estudio fue voluntaria y previamente a la toma de datos se les proporcionó un documento informativo. Se rellenaron en un cuestionario diferentes cuestiones que abarcaban hábitos de sueño y se incluyó el registro del consumo de alimentos que incluía las cinco posibles comidas (cena del día anterior, desayuno del día de las pruebas, tentempié de media mañana, almuerzo y merienda) que fueron consumidas antes o durante las transiciones entre las pruebas. En los casos de completarse todo el cuestionario se obtuvieron registros de 24 horas de ingesta de alimentos relativos a los hábitos de un día de verano en Madrid en circunstancias de máximo estrés y en una población de ambos sexos joven, entrenada y sana. Se registró en cada caso el número de horas habituales de sueño en tres situaciones (entresemana, fin de semana y día previo a la prueba). Entre los resultados se destaca que los varones ingirieron rangos absolutos mayores de energía (Kcal/día) pero al expresarlos de forma relativa al peso (Kcal/Kg) se observa que las mujeres ingirieron más energía que los varones. Se observa que el almuerzo fue la comida que más energía aportó y que se llevó a cabo una mayor ingesta de agua en la cena del día previo a las pruebas físicas. En cuanto a las horas de sueño cabe destacar que en la noche previa el tiempo se redujo.

En conclusión, la cantidad de energía consumida el día de la prueba fue similar en ambos sexos y también su distribución energética. La ingesta de HC relativa al peso corporal fue superior en las mujeres. Los alimentos consumidos en la cena del día previo a las pruebas no se consideran óptimos ya que presentaron una alta proporción de energía en forma de lípidos y una pequeña proporción en forma de HC. Por el contrario la ingesta de tentempiés consumidos tanto a media mañana como en la merienda presentaron una composición adecuada con un alto contenido en HC y un bajo en lípidos. El día previo a la prueba los aspirantes durmieron menos tiempo (aproximadamente una hora menos) que lo habitual en día de entre semana.

## **ABSTRACT**

This project aims to describe the nutritional and sleep guidelines in a group of aspiring students for FCAyD the day they had to take the physical tests. The study was carried out with individuals who were submitted to this physical testing and took place between June 30 and July 4, 2014. Participation in the study was voluntary and prior to the testing, they were provided with an information document. They answered in the survey sheet different questions covering sleep habits and recording food consumption which included five possible meals (previous day's dinner, breakfast on test day, mid-morning snack, lunch and snack in the afternoon) that were consumed before or during transitions between tests. In case that the whole questionnaire was completed, records of 24 hours of food intake were obtained in a summer day in Madrid with maximum stress and with a young, trained and healthy population. In each case, it was registered the number of usual hours of sleep in three situations (during the week, during the weekend and the previous night). From analysing the obtained data, we can highlight that, in absolute terms, the average male ingested higher energy ranges but in terms of weight (kcal / kg) they show that females ingested more energy than men; lunch was the meal providing more energy and there was an increased intake of water at the previous night's dinner. Regarding sleep hours, it is observed that they are reduced the night before, due possibly to the generated stress.

In conclusion, the amount of energy consumed the day of the test was similar both in males and females and also their energy distribution. HC intake relative to body weight was higher in females. Food consumed the night before testing is not considered optimal because they had a high proportion of energy as lipids and a small proportion as HC. Conversely snack's intake (mid-morning snack and snack in the afternoon) showed a suitable composition with a high content of HC and low lipids. The day before participants slept less hours (about one hour less) as compared with the rest of a weekday.



## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 PRUEBAS FÍSICAS INEF

Cada año en la Facultad de Ciencias de la Actividad física y el Deporte (FACyD) (INEF) integrada en la Universidad Politécnica de Madrid se llevan a cabo unas pruebas físicas que son requisito fundamental para el acceso al grado en Ciencias de la Actividad física y del Deporte.

Se trata de una población sesgada con respecto a la población homóloga española, ya que son personas activas y entrenadas, puesto que la realización de estas pruebas físicas requiere de una buena condición física previa.

Son ocho las pruebas físicas que componen esta batería de test previo al acceso a la Facultad de Ciencias de la Actividad física y el Deporte (FACyD) (INEF) INEF, y se detallan a continuación:

1. Salto vertical.
2. Carrera de obstáculos.
3. Lanzamiento de balón medicinal: 5Kg para hombres, 3Kg para mujeres.
4. Test de flexión de tronco y caderas: test *sit and reach*.
5. Natación.
6. Carrera de 50 m.
7. Desplazamiento con balón en *zig-zag*.
8. Carrera de 2000/1000: 2.000 m para los hombres, 1.000 m para las mujeres.

El desarrollo de las pruebas seguirá el sistema de “circuito”, conformada por ocho estaciones, en cada una de las cuales se realizará un ejercicio. Las pruebas están divididas en dos sesiones:

En la primera sesión, en jornada de mañana, se realizaron las siguientes pruebas:

- Salto vertical.
- Desplazamiento con balón en *zig-zag*.
- Lanzamiento de balón medicinal.
- Test de flexión de tronco y cadera: test *sit and reach*.



- Desplazamiento en el medio acuático.

En la segunda sesión, asignada a la jornada de tarde, se completaron los siguientes ejercicios físicos:

- Carrera de 50 m.
- Carrera de obstáculos.
- Carrera de 2000/1000 m.

La nota media del alumno en las pruebas físicas se obtuvo del cálculo de la media aritmética de las notas obtenidas en cada una de las ocho pruebas. Y por tanto, las calificaciones finales en las Pruebas concederán la calificación de “APTO” o “NO APTO”. De esta manera, un aspirante obtendrá la calificación final de “APTO” cuando supere todas y cada una de las pruebas, y por el contrario el “NO APTO” podría derivar de obtener dos nulos en la misma prueba o de no alcanzar los mínimos tiempos requeridos en las pruebas de “Desplazamiento en el Medio Acuático” y en la “Carrera 2000/1000m”.

La información sobre las pruebas se adjunta en el anexo (I) o puede consultarse en la dirección web:

<http://www.inef.upm.es/INEF/FuturosAlumnos/Pruebas/InformacionGeneral>

## **1.2 POSIBLES FACTORES DETERMINANTES DEL ÉXITO EN PRUEBAS FÍSICAS COMBINADAS**

Son diversos factores los que intervienen en el rendimiento de estas pruebas, entre ellos quiero destacar:

- **1. Factores Fisiológicos:** Incluyen cualidades físicas determinantes de la condición física (relacionados en nuestro caso con los resultados obtenidos en la batería de *tests físicos*). Además hay que resaltar la influencia de los determinantes metabólicos (en parte determinados por la nutrición) y los factores mentales relacionados con el sistema nervioso que estarían influidos en gran medida por los patrones del sueño.
- **2. Factores Ambientales:** Debido sobre todo a que estas pruebas se realizan a finales de junio y principios de Julio hay que tener en cuenta que las temperaturas suelen ser elevadas, sin embargo en el año 2014 no alcanzaron valores tan elevados como en otros años previos.

- **3. Factores culturales:** Los conocimientos generales de la nutrición determinan los patrones de alimentación.

Quiero resaltar que los factores analizados en este trabajo pertenecen al apartado de condicionantes fisiológicos (punto 1), y lo que analizamos no es la nutrición ni el sueño habitual de la muestra sino en un día de máximo estrés, ya que está en juego el poder acceder a cursar estudios de grado en esta facultad.

En cualquier caso todos los factores podrían interrelacionarse ya que tanto el nivel cultural como los factores ambientales son importantes determinantes de los hábitos nutricionales.

La Asociación Americana del corazón (AHA) (1) analiza que los hábitos alimentarios están determinados por factores facilitadores y limitantes que determinan el comportamiento alimentario (Figura 1). El nivel individual se refiere a las influencias biológicas, genéticas, demográficas y de aprendizaje a nivel personal. Este nivel se encuentra dentro del entorno familiar, e incluye influencias como los modelos de conducta, los estilos de alimentación, el suministro y la disponibilidad de alimentos, y otros aspectos variados dentro del entorno alimenticio familiar. El tercer nivel, se refiere al entorno local o de la comunidad en la que se encuentra la familia y su hogar. Este nivel incluye las instituciones a las que pertenezcan como escuelas locales, parques infantiles, zonas de paseo, y los mercados comerciales que favorecen o impiden la adquisición de hábitos o conductas alimenticias saludables. En el cuarto nivel se hace referencia a las políticas alimentarias económicas más amplias, a la imposición de leyes que afectan a las políticas industriales alimentarias que operan tanto a nivel regional como estatal, nacional como internacional.

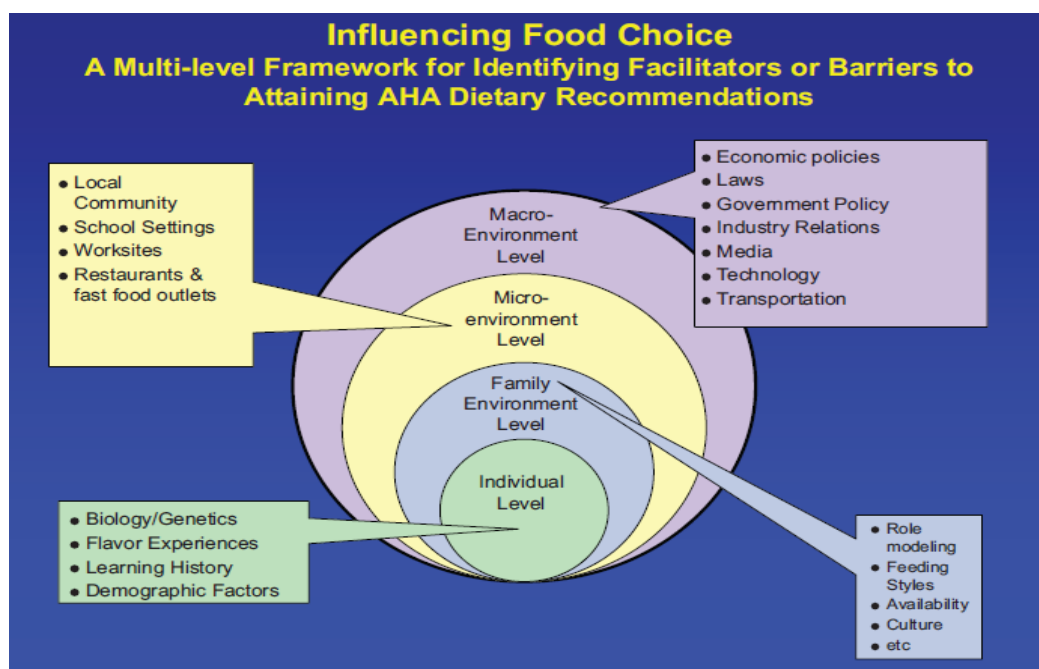


Figura 1. Determinantes del comportamiento alimentario según la AHA. (Figura tomada de (1)).

### 1.3 SISTEMAS ENERGÉTICOS DURANTE EL EJERCICIO:

Durante el ejercicio el músculo esquelético satisface sus demandas energéticas utilizando sustratos procedentes de las reservas del organismo que se reponen a través de la ingesta diaria de nutrientes. Contenidos en los alimentos.

Las grasas o lípidos y los hidratos de carbono (HC) son prioritariamente los sustratos energéticos de los que el músculo esquelético obtiene la energía, que transformará en energía mecánica durante el mecanismo de la contracción muscular. Las proteínas en algunas ocasiones son transformadas en energía, pero son otras sus funciones fundamentales en el organismo: regulación, transporte y reparación. Los sustratos energéticos como los lípidos y los HC ceden la energía contenida en sus enlaces químicos para la refosforilación del ATP. La célula muscular únicamente es capaz de obtener directamente la energía química del ATP (compuesto altamente energético), el cual es transformado en energía mecánica durante el proceso de la contracción. En síntesis el metabolismo muscular energético va a consistir esencialmente en una serie de transformaciones de sustratos en las vías o ciclos metabólicos encaminados a la formación de energía con el objetivo de que la fibra muscular disponga de las cantidades de ATP necesarias para satisfacer en cada momento sus demandas energéticas. La célula muscular

dispone de tres vías o sistemas de producción de energía para resintetizar ATP, todos ellos constituyen procesos exergónicos que en última instancia liberan la energía necesaria para conseguir sintetizar ATP a partir de ADP. (2)

La siguiente tabla (Tabla 1) muestra los distintos sistemas de producción de energía, y los distintos combustibles energéticos potencialmente utilizados en ellos.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ATP		
ANAERÓBICOS		AERÓBICO
ALÁCTICO	ATP FOSFOCREATINA	
LÁCTICO	HIDRATOS DE CARBONO	
		GRASAS
		PROTEÍNAS

Tabla 1 - Sistemas de producción de energía. (Modificado de (2)).

El organismo en función del tipo de ejercicio y de su duración utiliza mayoritariamente uno u otro sistema para la síntesis de ATP, en esos sistemas predomina una vía u otra catabólica. Todos los sistemas de producción de energía dependen en última instancia de la disponibilidad o no de oxígeno (aeróbico y anaeróbico actúan a la vez). En cuanto a las vías energéticas encontramos:

- **1. VÍA ANAERÓBICA:** Cuando no hay suficiente oxígeno disponible.

**1.1 Vía de los fosfágenos o del ATP-PC:** Consiste en la resíntesis de ATP a partir de fosfocreatina (PCr). Esta vía es la prioritaria en aquellos ejercicios físicos que duren pocos segundos (de 3 a 15 segundos) y que sean de alta intensidad. Estos trabajos físicos se clasifican como ejercicios tipo potencia anaeróbica. En ellos no se aumentan las concentraciones sanguíneas de lactato, por tanto se considera una vía energética alactácida.

El trifosfato de adenosina (ATP) y el fosfato de creatina (PC) proporcionan la energía fácilmente disponible en el músculo. La cantidad de ATP presente a nivel intracelular en la fibra muscular no es suficiente para proporcionar un suministro continuo de energía,

especialmente cuando el ejercicio se prolonga y se realiza a altas intensidades. La cantidad de PC disponible en el músculo esquelético es aproximadamente cuatro veces mayor que la de ATP y, por lo tanto, es el principal combustible utilizado cuando las actividades físicas son de alta intensidad y de corta duración (3).

**1.2. Glucólisis Anaeróbica:** Consiste en la transformación de la glucosa desde glucógeno muscular o desde la glucosa sanguínea en lactato. Al producirse lactato, se considera vía de tipo láctico.

La vía glucolítica anaeróbica es la prioritaria para la síntesis de ATP en eventos de alta intensidad que duren entre 60 y 180 segundos. Por esta vía, del 25 al 35% del total de las reservas de glucógeno muscular se utilizan durante un solo sprint de 30 segundos. Ni la vía de los fosfágenos ni la vía glucolítica pueden sostener el rápido consumo de energía que requieren los músculos para contraerse en eventos que duren más de 2-3 min. (3)

● **2. VÍA AERÓBICA:** Cuando hay suficiente oxígeno. Se las considera vías oxidativas.

Consiste en la oxidación de los siguientes combustibles: HC, grasas y proteínas. Ejercicios de potencia y resistencia aeróbica. Al haber suficiente oxígeno, se lleva a cabo en el interior de las mitocondrias (donde se localizan las principales vías que son el Ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa).

La vía oxidativa es la principal vía de formación de energía en eventos que duren más de 2-3 minutos. Los sustratos principales en estas vías incluyen el glucógeno muscular y hepático intramuscular, la glucosa sanguínea y los ácidos grasos procedentes del tejido adiposo así como unas cantidades insignificantes de aminoácidos derivados del músculo, de la sangre, del hígado y del intestino. Cuando el oxígeno está disponible para el trabajo muscular, el organismo utiliza más la vía aeróbica y menos la anaeróbica. Únicamente la vía aeróbica puede producir suficiente ATP para el ejercicio de resistencia a través del paso por el ciclo de Krebs y por el sistema de transporte de electrones (3). La intensidad, duración, frecuencia, el tipo de actividad, el sexo y el nivel de condición física del individuo, así como la ingesta de nutrientes y las reservas de energía, serán los determinantes cuando se produzca la transición de la prioridad de las vías aeróbicas a las anaeróbicas (4).

Aproximadamente el 50-60% de la energía durante 1-4 horas de ejercicio continuo al 70% de la capacidad máxima de oxígeno procede de los hidratos de carbono y el resto de la oxidación de ácidos grasos libres (5). La proporción de energía que proviene de la oxidación de ácidos grasos libres, principalmente derivados de los triglicéridos musculares, va aumentando a medida que la intensidad del ejercicio disminuye, y la energía procedente de los hidratos de carbono se reduce (5). Se ha citado que ante una misma carga de trabajo la buena condición física de un individuo entrenado le conduce a utilizar un mayor porcentaje de grasa que si se tratase de un sujeto no entrenado(4).

### 1.3.1. PRINCIPALES VÍAS PRIORITARIAMENTE UTILIZADAS EN CADA UNA DE LAS PRUEBAS FÍSICAS

1. Salto vertical: Vía anaeróbica aláctica
2. Carrera de obstáculos: Vías anaeróbica aláctica y láctica
3. Lanzamiento de balón medicinal: Vía anaeróbica aláctica
4. Test de flexión de tronco y caderas: Vía anaeróbica aláctica
5. Natación: Vía anaeróbica láctica
6. Carrera de 50 m: Vía anaeróbica aláctica
7. Desplazamiento con balón en *zig-zag*: Vía anaeróbica aláctica y láctica
8. Carrera de 2000/1000: Vía aeróbica

Las diferentes vías para la obtención de energía son heterocrónicas, es decir que son prioritarias en diferentes tiempos e intensidades de un ejercicio (Figura 2)

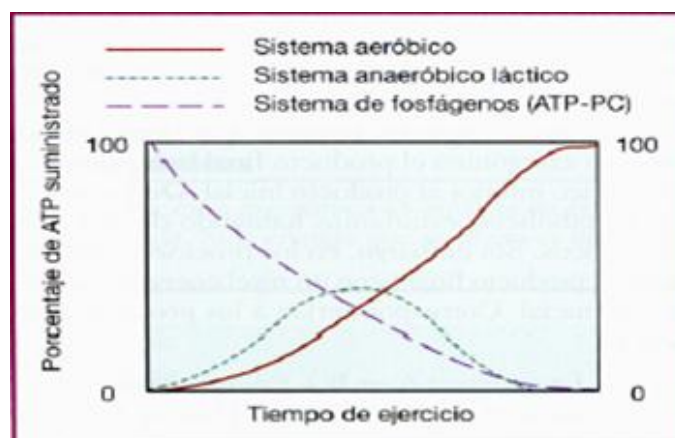


Figura 2. Selección de las vías de producción de energía en función de la duración del ejercicio (tomado de (2)).

En una situación de normalidad en una serie de ejercicios de una duración inferior a 45 minutos es poco probable que se agoten las reservas de energía (6), mientras que cuando el ejercicio se prolonga más de 45 minutos el rendimiento podría estar limitado por las reservas de glucógeno, pero no así por las reservas de grasa. Por tanto se asigna una menor importancia de la grasa como combustible energético durante el esfuerzo físico de intensidad moderado o alta (7). Sin embargo, nuestra batería de test se realiza durante todo un día de un mes caluroso y con un alto grado de estrés lo que determina una situación poco habitual, pudiéndose ver comprometida la reserva de glucógeno si no se lleva a cabo una ingesta adecuada de HC.

#### **1.4 NUTRICIÓN Y RENDIMIENTO**

La nutrición no sólo juega un papel importante en el rendimiento sino también en el entrenamiento, la adaptación, la preparación para competiciones y la recuperación tras entrenamientos y competiciones (8).

Los deportistas necesitan consumir la energía suficiente para mantener el peso y la composición corporal adecuada a cada deporte (9). Una inadecuada ingesta de energía en relación con el gasto podría comprometer el rendimiento y/o reduciría los beneficios del fisiológicos asociados al entrenamiento (3).

Un balance equilibrado de energía se produce cuando la ingesta energética (la suma de la energía de los alimentos, sólidos y líquidos) es igual al gasto de energía (10). El gasto energético total diario (TDEE) está integrado por tres componentes uno relativo a la tasa metabólica en reposo, el segundo denominado la termogénesis inducida por la dieta, y el tercero es el gasto metabólico en relación con la actividad física (7).

En los deportistas las necesidades energéticas varían de acuerdo con los períodos de entrenamiento, diferenciándose la competición y la fases de transición, de las fases de carga. Los hidratos de carbono son la fuente principal de energía. Las proteínas proporcionan energía, pero se deben consumir en cantidades que satisfagan las necesidades de

aminoácidos para la formación y la renovación de las proteínas corporales, dejando a la grasa proporcionar el resto de las necesidades energéticas (11).

La energía aportada por la dieta debería derivar de una amplia variedad de alimentos que proporcionen los hidratos de carbono, las proteínas, las grasas y los micronutrientes necesarios para una dieta saludable (12). Por otra parte, en individuos con requerimientos de energía aumentados a causa de la actividad física es requisito consumir una dieta bien equilibrada que aporte la suficiente energía para mantener su balance o equilibrio energético (13).

En situaciones concretas de ejercicio de alta intensidad como son las pruebas de ingreso a la FCAfyD se podría reducir el apetito y alterarse los patrones de alimentación (13, 14). No se han encontrado referencias bibliográficas que revelen el comportamiento alimentario en el mismo día que se realizan pruebas físicas de este tipo.

En nuestro caso, únicamente hemos analizado la alimentación del día de las pruebas, es decir, los patrones de alimentación de sujetos entrenados en un día de máximo estrés, por tanto no sería indicativa de su dieta habitual debido a la gran tensión que se genera durante esta jornada. Se ha descrito (13) que una situación crónica y mantenida de forma habitual de ingesta de energía insuficiente podría resultar en una pérdida de peso y conduciría a una reducción en la masa muscular (15) pudiendo desembocar en una alteración de los perfiles hormonales (16) que podrían concluir con incidencias de lesiones de otra patología y conduciría a una mayor prevalencia de síndrome de sobreentrenamiento asociado a una reducción del rendimiento deportivo (13) y podría modificar los patrones habituales de oxidación de sustratos (17).

Este hecho podría afectar con una mayor gravedad a las mujeres ya que, el conjunto de síntomas (trastornos alimentarios, amenorrea, la baja densidad mineral ósea) descritos como la triada de la mujer deportista, en estos momentos se cree que está más relacionada con la escasez de aporte de energía que con el exceso de entrenamiento o con una menor proporción de grasa corporal (16,18).



Es prioritario que los deportistas, en su alimentación habitual, se centren en mantener un balance energético adecuado a su gasto energético y se aconseja en este colectivo realizar entre 4 y 6 comidas diarias (12).

Por el contrario el seguir dietas que aporten un exceso de energía conduciría a un aumento de la masa corporal, que podría reducir el rendimiento físico. Esta reducción es especialmente relevante cuando el exceso de masa corporal se almacena como tejido adiposo, ya que este tejido no contribuye al rendimiento físico (7).

El *American College of Sport Medicine* (ACSM), con el objetivo de mantener el peso corporal, la salud y aumentar hasta un máximo los efectos del entrenamiento, recomienda que los deportistas consuman la energía necesaria durante los periodos de entrenamiento de alta intensidad y/o larga duración (19). Este mismo organismo (ACSM) recomienda que los requerimientos de energía sean estimados siguiendo el concepto de ingestas recomendadas o *Dietary References Intakes* (DRIs) y aplicando las ecuaciones de predicción de gasto energético en función del grado de actividad física, de la edad y el sexo propuestas por la *Food and Nutrition Board* (FNB) (19). A continuación se reflejan (Tabla 2) los valores expresados en forma relativa al peso de los requerimientos de energía en sujetos que realizan actividad física de forma habitual según la *International Society for Sports Nutrition* (ISSN) (12).

REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA		
NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	KCAL/KG/DÍA	KCAL/DÍA
Actividad física general 30-40 minutos al día, 3 veces por semana	Dieta normal, 25-35	1800-2400 <sup>a</sup>
Niveles moderados de entrenamiento intenso 2-3 horas al día, 1-2 sesiones al día, 5-6 veces a la semana <sup>b</sup>	50-80	2500-8000 <sup>c</sup>
Alto volumen de entrenamiento intenso, 3-6 horas/día, 1-2 sesiones día, 5-6 veces a la semana <sup>b</sup>	50-80	2500-8000 <sup>c</sup>
Atletas de élite <sup>d</sup>	150-200	Hasta 12000 <sup>e</sup>
Atletas grandes <sup>d</sup>	60-80	6000-12000 <sup>f</sup>
a: Valores estimados para individuos de 50-80kg; b: Niveles moderados de entrenamiento intenso usan un rango más bajo, mientras que grandes volúmenes de intensidad usan rangos superiores ; c: Valores estimados para individuos de 50-100kg; d: Depende de la periodización, intensidad y volumen del entrenamiento; e: Valores estimados para deportistas de 60-80kg; f: Valores estimados para deportistas de 100-150kg.		

Tabla 2- Valores recomendados en Kcal/Kg de peso para diferentes poblaciones de deportistas (Modificado de (12)).

#### 1.4.1 REQUERIMIENTOS DE MACRONUTRIENTES EN PERSONAS FÍSICAMENTE ACTIVAS

**HIDRATOS DE CARBONO (HC):** Los HC son esenciales para individuos físicamente activos(20). Los deportistas requieren más energía y macronutrientes en proporciones acordes a su peso corporal, expresado en kilogramos, que la población sedentaria. Por tanto, según el ACSM “expresar la energía y las necesidades de macronutrientes en términos de gramos por kilogramos de peso es un método práctico de documentar estas necesidades” (19).

El glucógeno muscular y la glucosa sanguínea son las principales fuentes de energía para que se lleve a cabo la contracción muscular. Una adecuada ingesta de HC mejoraría la recuperación de las reservas de glucógeno para la siguiente sesión de entrenamiento (12). Los requerimientos habituales de HC difieren de acuerdo con la cantidad y la intensidad del entrenamiento y deben centrarse en incluir más HC de tipo complejo (polisacáridos) y a los que se les atribuya un bajo ó moderado índice glucémico (13).

Es importante el momento en el que se realiza la ingesta de HC en relación al momento en el que se realiza ejercicio físico (12). Cuando una serie de entrenamiento de resistencia es completada en un estado de glucógeno muscular bajo, parece que hay un aumento de la activación de la transcripción de las enzimas implicadas en el metabolismo de los hidratos de carbono y una mejora en las respuestas adaptativas que favorecen al metabolismo de las grasas (20). Por tanto, el deportista debería entrenar en un estado de glucógeno muscular agotado para provocar una mayor respuesta al entrenamiento, y luego cambiar a una alta ingesta de hidratos de carbono cuando se compite para garantizar un rendimiento óptimo (20). Sin embargo, se evidencia todavía controversia acerca de esta teoría y es necesario investigar más para aclarar ciertos aspectos relativos a la utilización de HC durante el esfuerzo (12).

Cuando el ejercicio es de moderada a alta intensidad las reservas de glucógeno en el organismo durarían entre 90 minutos y 3 horas (21). La sobrecarga de HC es considerada como una estrategia que lleva implícita modificaciones en el entrenamiento y en el comportamiento alimentario y podría incrementar las reservas musculares de glucógeno y prolongar el tiempo de ejercicio de resistencia utilizando este combustible hasta estadios más avanzados del mismo (20). Al incrementarse mediante la sobrecarga las reservas musculares de glucógeno, se incrementan la resistencia y el rendimiento, ya que la prolongación de la utilización de HC durante el ejercicio permitiría una mayor intensidad de esfuerzo cuando se compara con la intensidad cubierta por el metabolismo de las grasas (20). Los requerimientos totales de HC dependerán del peso corporal del sujeto y del tiempo y la intensidad con la que realizamos el ejercicio físico, por este motivo lo correcto al aconsejar el aporte adecuado de HC sea referirlo a estos factores (Tabla 3).

Según las organizaciones más prestigiosas (ACSM, Comité Olímpico Internacional (COI), y la ISSN) (12) se establecen (Tabla 3) los requerimientos de HC en gramos al día referidos al peso corporal (Kg).

REQUERIMIENTOS DE HIDRATOS DE CARBONO PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA			
	NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	g/Kg/DÍA	COMENTARIOS
REQUERIMIENTOS DIARIOS			
ACSM	Deportistas	6-10	Depende del gasto energético total diario del atleta, del tipo de deporte, del género y de las condiciones ambientales.
ISSN	Actividad física general, 30-60 minutos al día, 3-4 veces por semana.	3-5	HC complejos. Índice glucémico de bajo a moderado. HC concentrados.
	Volumen de intensidad moderada a alta, 2-3 horas al día, 5-6 veces por semana.	5-8	
	Alto volumen, ejercicio intenso, 3-6 horas diarias, 1-2 sesiones, 5-6 veces por semana	8-10	
COI	Baja intensidad, o ejercicios de habilidad	3-5	Incluida la ingesta previa, durante y después. Tolerancia y preferencia individual.
	Programa de ejercicio moderado, ~ 1hora al día	5-7	
	Programa de resistencia, de intensidad moderada-alta, 1-3 horas/día	6-10	
	Atletas de entrenamiento de fuerza	4-7	
	Intensidad moderada-alta, >4-5 horas/día	8-12	

Tabla 3- Requerimientos de HC en función del grado de actividad física (Tomado y modificado a partir de (12))

### PROTEÍNAS:

Por otra parte, cuando se realiza entrenamiento de fuerza y/o de resistencia se incrementan los requerimientos de proteínas (12) con respecto a las recomendaciones de ingesta proteica para sujetos sedentarios. Estos requerimientos están influidos por varios factores, entre los

que se destaca la ingesta de energía, la intensidad y duración del ejercicio, la temperatura ambiental, el género y la edad (13, 22). En el caso concreto del entrenamiento de fuerza las necesidades de proteínas se ven aumentadas debido al incremento en la síntesis proteica, ya que se reduce el catabolismo de las proteínas musculares y son las encargadas de la reparación del daño muscular (22).

De acuerdo con las RDA las recomendaciones de proteínas para sedentarios son de 0'8 g/kg de peso corporal (19, 22, 23) y al referirlo a la proporción de energía que deberían aportar sobre el total energético la FNB establece lo que se denomina el rango aceptable de distribución de macronutrientes (AMDR) estableciendo para las proteínas que este rango debería estar comprendido entre un 10 y un 35% de las calorías totales (24).

El ACSM (19) recomienda un consumo de proteínas comprendido entre 1.2 y 1.7 g/kg de peso corporal para deportistas de fuerza y/o de resistencia. Este organismo de la mayor relevancia en el ámbito mundial de la medicina deportiva recomienda que dicha ingesta se realice a través de la dieta, sin ser necesarios el uso de suplementos (19). Las recomendaciones del COI son de 1.3-1.8 g/kg y 1.6-1.7 g/kg al día para deportistas de fuerza (25). Según estas organizaciones (ACSM y COI) las ingestas superiores a 2g/Kg no ofrecen beneficios adicionales para estimular el anabolismo proteico e incluso favorecerían el catabolismo de aminoácidos para la producción de energía (12).

Las recomendaciones de ingesta de proteínas por Kg de peso (g/kg) quedan establecidas por el ISSN (Tabla 4) y esta asociación resalta que cuando las ingestas son más pequeñas es prioritario el hecho de centrarse en la calidad de las mismas.

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE PROTEÍNAS PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA	
NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	g/Kg/DÍA
Actividad física general	0.8-1
Personas mayores	1-1.2
Cantidad moderada de entrenamiento intenso	1-1.5
Alto volumen de entrenamiento intenso	1.5-2

Tabla 4 - Requerimientos diarios de proteínas según el grado de actividad física (Modificado de (12))

**LA GRASA:** Los lípidos constituyen un componente necesario en una dieta normal, proporciona la energía y los elementos esenciales de las membranas celulares y nutrientes asociados tales como vitaminas A, D, y E (3). El rango aceptable de distribución de macronutrientes (AMDR) establecido por la FNB es para los lípidos del 20-35% de la ingesta energética (26). Según una guía alimentaria para americanos (27) y otra guía denominada “comer bien con la guía de alimentos de Canadá (28) las recomendaciones sobre la proporción de energía aportada a partir de los ácidos grasos es del 10% saturados, 10% poliinsaturados, 10% de grasas monoinsaturadas, y se recomienda incluir fuentes de ácidos grasos esenciales.

Las necesidades de grasa de las personas deportistas son similares y ligeramente superiores a los de los no-deportistas (12). Es importante consumir cantidades adecuadas de grasa para asegurar una salud óptima, mantener el balance energético, ingerir ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles, así como para reponer las reservas intramusculares de triglicéridos (12). La cantidad de grasa requerida depende en gran medida del nivel de entrenamiento y los objetivos relativos al control de peso de los deportistas(13, 19). En este sentido, el ISSN recomienda consumir lípidos entre 0.5 y 1 g/kg cuando se quiera reducir grasa corporal a través de programas de pérdida de peso (13).

El ACSM recomienda que la ingesta de grasas debería estar entre el 20-35% del total de la energía ingerida, pero al igual que el COI no aconsejan reducirla por debajo del 15-20% (19,

29) ya que se podría comprometer el aporte de ácidos grasos esenciales y de vitaminas liposolubles.

Los **micronutrientes (vitaminas y minerales)** juegan igualmente un papel importante que abarca: la producción de energía, la síntesis de hemoglobina, el mantenimiento de la salud ósea, la función inmune adecuada, y la protección del cuerpo contra el daño oxidativo (3). Estos micronutrientes son fundamentales para la síntesis y reparación del tejido muscular durante la recuperación del ejercicio o bien en el caso de lesiones (3). El ejercicio incrementa la velocidad de las rutas metabólicas que requieren micronutrientes, por lo que posiblemente se aumenten las necesidades de algunos de ellos (3). Además, es probable que, una mayor ingesta de micronutrientes pueda ser necesaria para cubrir los incrementos de las necesidades que irían enfocadas hacia la construcción, reparación y mantenimiento de la masa magra de deportistas (30).

#### **1.4.2 ALIMENTACIÓN ANTES, DURANTE Y DESPUÉS**

En nuestro estudio se analizó de forma independiente las diferentes comidas que se consumieron antes (cena y desayuno), durante (media mañana y comida de mediodía) y después (merienda), por este motivo he revisado la literatura referente a la alimentación en los periodos de tiempo que rodean a la realización de un ejercicio físico (batería de *tests*) para el acceso a nuestra facultad.

Se considera apropiado que la mayor parte de la energía adicional de la dieta de un deportista se suministre en forma de HC (3). Los deportistas que realicen entrenamiento pesado o hagan múltiples ejercicios diarios, como es el caso de los deportistas que se presentan a estas pruebas físicas, podrían necesitar comer más de tres comidas y tres tentempiés al día y deben tener en cuenta cualquier momento válido para comer (3). Estos deportistas deben considerar comer cerca del final de la sesión de ejercicio y consumir más de una merienda (3).

##### **1.4.2.1 COMIDA PRE-EJERCICIO**

Comer antes de realizar ejercicio, en comparación con realizar el ejercicio en ayunas, se ha demostrado que induce a mejorar el rendimiento (31, 32). La última comida o

tentempié consumidos antes de la competición o de un entrenamiento intenso debería preparar bien a los deportistas para la próxima actividad y evitar que el deportista esté hambriento y que queden alimentos sin digerir en el estómago (3). En consecuencia, se deben utilizar las siguientes directrices generales para las comidas y tentempiés: se debe beber suficiente líquido para mantener la hidratación, los alimentos ingeridos deben ser relativamente bajos en grasa y fibra para facilitar el vaciado gástrico y minimizar el malestar gastrointestinal. Estas comidas deben poseer un alto contenido en hidratos de carbono para asegurar el mantenimiento de la glucemia y para aumentar las reservas de glucógeno en el músculo, ser de contenido moderado en proteínas, e integradas por alimentos conocidos o familiares para el deportista (3). Ciertos estudios (31,32) han demostrado que el consumo de estas comidas (una comida pre-ejercicio baja en fibra y grasa, moderada en proteínas y alta en HC) puede extender el tiempo de ejercicio y proporcionar energía añadida.

El volumen de la comida antes del ejercicio, el momento de la ingesta y el comienzo de la sesión de ejercicios deberán estar interrelacionados. De esta manera, los deportistas deberían consumir las comidas menos copiosas cerca del inicio de la competición, mientras que las comidas abundantes se deberían consumir más alejadas del inicio del entrenamiento físico. Los deportistas siempre deben observarse y así asegurarse de lo que funciona mejor para ellos mismos. Por este motivo deberían experimentar con el tipo, la cantidad y el momento de una comida previa en las sesiones de entrenamiento y no se aconseja iniciar una nueva estrategia nutricional en el momento de una competición. Esto permitirá a los deportistas encontrar comidas que les funcionen mejor para sus eventos deportivos, y que no interfieran con el rendimiento físico. (19)

### **CONSUMO DE HC:**

El consumo de alimentos ricos en HC antes del ejercicio aumenta las reservas de glucógeno del músculo y mantiene la glucosa en sangre (33). El ACSM recomienda 200-300g de HC 3-4 horas antes (19), estas cantidades han demostrado que mejoran el rendimiento. El ISSN recomienda la ingesta de 1-2 g/kg de HC en las 3-4 horas previas al entrenamiento (13, 21) y el COI aconseja una ingesta comprendida entre 1 y 4g/kg de HC entre la primera y la cuarta hora previa (20). Además, el ISSN sugiere ingerir entre (8-10 g/kg de HC durante los días 1-3 previos a la competición de resistencia (13, 21), mientras que el COI es partidario de una



ingesta de 7 a 12 g/kg durante las 24 horas, o 10-12 g/kg durante las 36-48 horas, previas a la competición de resistencia (20).

Si el deportista tiene suficiente tiempo previo a la competición (3-4 horas), podría ingerir una comida con alto contenido en HC (3-4 g/kg), ya que esto permite suficiente tiempo para asegurar el confort gastrointestinal antes del evento. Si por el contrario no tiene tiempo de sobra el deportista podría consumir unas cantidades de HC de entre 1-2 g/kg en las 1-2 horas previas al entrenamiento o competición (12).

Las tres organizaciones (ACSM, ISSN y COI) están de acuerdo en que la ingesta de una comida previa al evento es importante en eventos que duran más de 60-90 minutos, además están de acuerdo en que durante competiciones de más de una hora se ingieran 30-60g de HC por hora (12). Los tres organismos admiten que la combinación de fructosa y glucosa (como una solución de HC del 6-8%) es efectiva para que sea máxima la oxidación exógena de HC durante el ejercicio, y que la fructosa no debe ser ingerida en altos ratios durante el ejercicio ya que puede causar un efecto perjudicial a nivel gastrointestinal (12).

Los deportistas pueden beneficiarse de consumir HC líquido, como bebidas antes del ejercicio o geles (25 g HC /120 ml) o bebidas deportivas (en una solución del 6-8% de HC) una hora o menos antes del inicio de la actividad (34). El consumo de una fuente concentrada de HC a unos 15 minutos antes del inicio funciona bien cuando los deportistas hacen esto en conjunto con la ingesta de HC durante ese ejercicio (33).

**PROTEÍNAS:** El ACSM recomienda añadir una moderada cantidad de proteínas en la comida previa, pero en el consenso no hay una guía específica sobre la ingesta concreta referida al peso corporal de proteínas antes del ejercicio (19). El ISSN recomienda que dependiendo de la duración del ejercicio y el nivel de condición física, se deberían incluir alimentos que contuviesen proteínas con HC en la comida previa al evento deportivo y especialmente antes del ejercicio de fuerza o cuando se pretenda una modificación en la composición corporal. Esto podría lograrse incluyendo cantidades de proteínas comprendidas entre 0,15-0,25 g/Kg junto con los HC recomendados 1-2 g/kg en las 3-4 horas previas al entrenamiento o la competición (21).

La actual opinión del COI es que las proteínas deberían ser ingeridas después del ejercicio ya que se ha asociado este hecho con el anabolismo óptimo de proteínas musculares (25).

En la siguiente tabla (Tabla 5) se resumen las pautas de ingesta de HC previas al ejercicio según las tres organizaciones (ACSM, ISSN, COI).

REQUERIMIENTOS DE HIDRATOS DE CARBONO PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA			
	NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	G/KG/DÍA	COMENTARIOS
REQUERIMIENTOS PRE-EVENTO, ENTRENAMIENTO			
ACSM	Comida pre-evento 3-4 horas antes	200-300g	Baja en grasa y fibra, alta en HC y moderada en proteínas.
ISSN	Recarga de HC 1-3 días previos al evento	8-10 g/kg/día	Dieta de HC de alto índice glucémico
	Comida pre-evento 3-4 horas antes	1-2 g/kg	
COI	Recarga general de HC para eventos de más de 90 minutos	7-12 g/kg cada 24 horas	Baja en fibra. Tolerancia individual. Evitar un alto consumo de grasas, proteínas y fibra (especialmente si hay incomodidad gastrointestinal). HC de índice glucémico bajo durante el ejercicio.
	Recarga de HC para la preparación para eventos de más de 60 minutos constantes o ejercicio intermitente	36-48 horas, 10-12 g/kg cada 24 horas	
	Recarga previa a un evento de más de 1 hora	1-4 g/kg, 1-4 horas antes del evento	

Tabla 5 - Requerimientos de HC previos al ejercicio. (Modificado de (12)).

#### 1.4.2.2 COMIDA DURANTE EL EJERCICIO

**HC DURANTE EL EJERCICIO:** Entre las quejas comunes durante eventos de resistencia se incluyen la fatiga muscular y la hipoglucemia, a menudo como resultado de bajas reservas musculares de glucógeno. Por tanto, es necesario incrementar en el hígado y en el músculo los depósitos de glucógeno, además de consumir una óptima ingesta de fluidos, para alcanzar el máximo rendimiento. Entre los posibles síntomas causados por una inadecuada ingesta de HC se incluyen: una peor recuperación física, pérdida ó reducción de concentración, además de un aumento de la incidencia de mareo, irritabilidad y/o desvanecimiento. (12)

La investigación actual apoya el beneficio del consumo de HC en cantidades normalmente proporcionadas en bebidas deportivas (6-8%) para el máximo rendimiento en eventos deportivos que duran como máximo una hora (35-37). El consumo de HC durante el ejercicio, es aún más importante en aquellas situaciones en las que los deportistas no tienen las reservas de HC cargadas, debido a que no se consumen las comidas adecuadas antes del ejercicio o a que la ingesta energética es restringida debido a la necesidad de alcanzar una pérdida de peso. La ingesta de HC en esfuerzos prolongados debería comenzar poco después del inicio de la actividad (41). Proporcionar HC exógenos durante el ejercicio ayuda a mantener los niveles de glucemia y a mejorar el rendimiento en resistencia (38). Se ha demostrado que para los eventos más largos, el hecho de consumir 0,7 g/Kg lo que equivale aproximadamente a una cantidad comprendida entre 30 y 60 g/hora, conduce a una mejora del rendimiento físico (39, 40).

**PROTEÍNAS DURANTE EL EJERCICIO:** De acuerdo con el ISSN ingerir HC con proteínas en un ratio de 3-4:1 durante el ejercicio ha demostrado ser favorable para la mejora del rendimiento, ya que aumenta las reservas de glucógeno muscular, y se reduce la incidencia de daño muscular conduciendo a mejores adaptaciones al entrenamiento especialmente después del entrenamiento de fuerza (21). El metabolismo de las proteínas durante y después del ejercicio físico se vería afectado por el sexo, la edad, la intensidad, la duración y tipo de ejercicio, la ingesta de energía, y la disponibilidad de HC.

En la siguiente tabla (Tabla 6) se resumen las pautas de ingesta de HC durante el ejercicio según las tres organizaciones (ACSM, ISSN, COI).

REQUERIMIENTOS DE HIDRATOS DE CARBONO PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA			
	NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	g/Kg/DÍA	COMENTARIOS
REQUERIMIENTOS DURANTE			
ACSM	Durante ejercicio de más de 60 minutos	0.7 g/kg/hora ó 30-60 g/hora	Esto es especialmente importante cuando no se realizan comidas pre-evento o en casos de ejercicio en condiciones de calor y humedad. Solución de HC del 6-8%. Principalmente glucosa. La fructosa sola no es tan efectiva y causa diarrea. La combinación de glucosa, fructosa, azúcares simples y maltodextrinas parece efectivo. Si la misma cantidad
ISSN	Durante ejercicio de más de 60 minutos	30-60 g/hora	El cuerpo oxida 1-1.1 g/HC/min o 60g/hora. Solución de HC del 6-8%. Empezar a beber pronto y continuar bebiendo con pequeñas cantidades cada 15-20 minutos.
COI	Durante ejercicios de menos de 45 minutos	No es necesario	Practicar el plan antes del evento. Altas ingestas de HC están relacionadas con mayor rendimiento. Múltiples transportadores de HC deben ser incluidos (combinación de glucosa y fructosa) para incrementar la oxidación de los HC.
	Durante ejercicio constante de alta intensidad de entre 45 y 75 minutos	Pequeñas cantidades incluyendo enjuague bucal	
	Durante ejercicios de resistencia incluyendo parada e inicio en deportes que duran 1-2.5 horas	30-60 g/hora	
	Durante ejercicio de ultra-resistencia que duran más de 2.5-3 horas	Hasta 90 g/hora	

Tabla 6 - Requerimientos de HC durante el ejercicio. (Modificado de (12)).

#### 1.4.2.3 COMIDA TRAS EJERCICIO. RECUPERACIÓN

El momento y la composición de la comida o tentempié post-competición o post-ejercicio dependen de la duración y la intensidad de la sesión (es decir, de cómo se encuentren las

reservas energéticas del músculo, si se produjo agotamiento de glucógeno es prioritario) y conocer el tiempo de recuperación para programar el próximo entrenamiento intenso (3). El ACSM recomienda que los primeros objetivos de la recuperación sean proporcionar suficiente fluido, electrolitos, energía e HC para reponer los depósitos de glucógeno muscular y facilitar la recuperación física (19). La adición de proteínas puede proporcionar aminoácidos para el mantenimiento y reparación de la proteína muscular, pero no se establecen directrices específicas (19).

**HC DESPUÉS DEL EJERCICIO:** El momento de la ingesta de HC después del ejercicio afecta a la síntesis de glucógeno a corto plazo (42), ya que es ésta la principal responsable de incrementar dichas reservas. Un rápido reabastecimiento es particularmente importante cuando hay poco tiempo de recuperación entre los eventos o sesiones de ejercicio (20). Las recomendaciones de estas tres organizaciones (ACSM, ISSN y COI) para aumentar la recuperación tras ejercicio son de entre 1 y 1.5 g/kg de peso corporal (12), ingeridos unos 30 min después del ejercicio para lograr mayores niveles de glucógeno. En el caso de entrenar más de una vez al día o eventos que comprenden varias fases, las 3 recomiendan que deberían ser ingeridos dentro de los primeros 30 min tras ejercicio y repetido durante cada 2 horas en las siguientes 4-6 horas (12). Cuando el período de recuperación se limita a sólo unas pocas horas, la rehidratación y la recarga de energía puede ser lograda a través de la ingesta de una solución de HC-electrolitos y el consumo de alimentos ricos en HC (43).

**PROTEÍNAS TRAS EJERCICIO:** Las proteínas desempeñan un papel importante en la nutrición de recuperación (33). La adición de proteínas a un régimen de recuperación no aumenta el glucógeno muscular en mayor medida que sólo HC cuando éstos se consumen en las cantidades recomendadas (19). Sin embargo, la adición de proteínas a los tentempiés de recuperación proporcionan aminoácidos para la construcción, mantenimiento y reparación de los músculos (33). Mientras los HC son la principal fuente de energía para los músculos, el consumo de una pequeña cantidad de proteínas poco después de la actividad ayuda en la reparación y síntesis de la proteína muscular en el cuerpo (33). Los deportistas deben satisfacer sus necesidades de proteínas mediante el consumo de las mismas durante todo el día en lugar de llevar a cabo toda la ingesta en una única comida o merienda (33). La investigación realizada por Howarth et al. (44) sugiere que aproximadamente 20 gramos de

proteína es la cantidad máxima necesaria para estimular la síntesis y reparación del músculo. Además, la investigación muestra que la ingesta de 7 a 10 gramos de proteínas, junto con HC en los primeros 30 minutos de actividad física es suficiente para iniciarla síntesis de proteínas musculares. Ingestas repetidas hasta las 6 horas después del entrenamiento pueden ayudar a proporcionar un efecto óptimo para la reconstrucción muscular (43).

No hay directrices específicas del ACSM que incluyan proteínas como parte del programa de recuperación tras ejercicio (19). El ISSN recomienda añadir proteínas a los HC en un ratio de 3-4:1 (HC:P) o suplementando con 0.2-0.5 g/kg de proteínas, para producir una mayor resíntesis de glucógeno y consecuentemente una mejora del rendimiento (21). Además sugiere que la ingesta de aminoácidos esenciales estimularía la síntesis de proteínas musculares. Esto se puede lograr añadiendo entre 6 y 20 gramos de aminoácidos esenciales a al menos 30-40g de HC de alto índice glucémico e ingerirlo inmediatamente o dentro de las 3 horas posteriores al ejercicio, lo que provocaría un incremento de la fuerza y una mejora de la composición corporal durante el entrenamiento crónico de fuerza. Además se recomienda añadir una pequeña cantidad de creatina (0.1 g/kg de peso corporal) a la mezcla de HC y proteínas para mejorar las adaptaciones al entrenamiento (21).

Las directrices actuales del COI también son partidarias de ingerir proteínas tras ejercicio, ya que es cuando se requiere la máxima estimulación de síntesis de proteínas musculares (25). Recomiendan 20-25g de proteínas de alto valor biológico tras el entrenamiento de fuerza (22). La combinación de HC y proteínas post-ejercicio es importante para reponer el glucógeno muscular y promover la síntesis proteica (25). La leche baja en grasa muestra mejoras en la síntesis muscular (22).

Por tanto hay un consenso entre las 3, estableciendo que los requerimientos de proteínas para deportistas se encuentran entre 1.2 y 2 g/kg de peso (12). El ACSM ofrece un amplio rango (1.2-1.7 g/kg de peso corporal) (19), mientras que el ISSN da recomendaciones en cuanto al volumen y la intensidad del entrenamiento (13). Y el COI proporciona recomendaciones específicas para deportistas de fuerza y para aquellos que quieren evitar pérdidas de masa muscular ó perder grasa (22, 25). Además las 3 están de acuerdo en que

ingerir aproximadamente 20g de proteínas (de alto valor biológico) con HC dentro de los 30 min post-ejercicio tiene un efecto beneficioso (12).

En la siguiente tabla (Tabla 7) se resumen las pautas de ingesta de HC previas al ejercicio según las tres organizaciones (ACSM, ISSN, COI).

REQUERIMIENTOS DE HIDRATOS DE CARBONO PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA			
	NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	g/Kg/DÍA	COMENTARIOS
REQUERIMIENTOS POST EJERCICIO			
ACSM	Tras ejercicio	1-1.5 g/kg durante los primeros 30 min, y de nuevo cada dos horas durante 4-6 horas	Líquidos, electrolitos, energía y HC adecuados.
ISSN	Ingesta de HC post-ejercicio	1.5 g/kg o 0.6-1 g/kg durante los primeros 30 min, y de nuevo cada dos horas durante 4-6 horas	Dentro de los primeros 30 minutos post-ejercicio
COI	Recarga rápida, recuperación de menos de 8 horas entre ejercicios de demanda energética	1-1.2 g/kg/hora durante las 4 primeras horas	Tentempiés pequeños y regulares. Comidas ricas en HC compactos.

Tabla 7 - Requerimientos de HC después del ejercicio. (Modificado de (12)).

Puesto que las pruebas se llevan a cabo a finales de Junio y principios de Julio, hay que tener en cuenta el factor ambiental ya que las temperaturas suelen ser elevadas. El riesgo de deshidratación y de lesiones se incrementa dramáticamente en ambientes cálidos y húmedos (45). Cuando la temperatura ambiente es superior a la temperatura del cuerpo, el calor no puede disiparse por la radiación (3). Por otra parte, el potencial para disipar el calor por evaporación del sudor se reduce sustancialmente cuando la humedad relativa es alta (3) se agrava el peligro de deshidratación. Al darse eventos competitivos en estas condiciones, es necesario tomar todas las precauciones adecuadas para garantizar que los deportistas estén bien hidratados y tengan un amplio acceso a los líquidos (3). Además es muy importante llevar a cabo una ingesta adecuada de HC puesto que en general, el ejercicio tanto en calor como en frío aumenta el uso del glucógeno (46).

### 1.4.3 HIDRATACION

Estar bien hidratado es un requisito fundamental para un óptimo rendimiento (3). Debido al hecho de que la deshidratación aumenta el riesgo de lesiones y de golpes de calor, los deportistas deben esforzarse por estar en un estado de hidratación normal antes, durante y después del ejercicio (3). La deshidratación (pérdida de más del 2% del peso corporal) puede afectar al rendimiento en el ejercicio aeróbico, sobre todo en ambientes calurosos, y puede perjudicar el rendimiento cognitivo/mental (47).

#### 1.4.3.1 RECOMENDACIONES DE LÍQUIDOS Y ELECTROLITOS

- **ANTES DEL EJERCICIO:** Por lo menos 4 horas antes del ejercicio, los deportistas deben beber aproximadamente entre 5 y 7 ml de agua o bebida deportiva por kg de peso corporal (3). El consumo de líquidos al menos 4 horas antes de una sesión de ejercicios proporciona el tiempo suficiente para lograr un estado de hidratación óptimo y permite la excreción de cualquier exceso de líquido en forma de orina (19). El consumo de líquido puede variar dependiendo de los factores ambientales, la intensidad del ejercicio, el tamaño corporal, el nivel de entrenamiento y el género (33). Una bebida deportiva consumida antes del ejercicio debe contener entre 6-8% de HC (60-80 gramos de HC por litro) y de 110 a 165 miligramos de sodio por cada 240 ml (48, 49).

- **DURANTE EL EJERCICIO:** Los deportistas disipan el calor producido durante la actividad física por radiación, conducción, convección y evaporación del agua (3). Dependiendo del deporte y el estado, las tasas de sudoración pueden variar desde tan poco como 0,3 a tanto como 2,4 litros por hora (47). Además de agua, el sudor también contiene cantidades de sodio, pequeñas cantidades de potasio y pequeñas cantidades de minerales como el magnesio y el cloro (3).

Se debe beber durante el ejercicio para evitar un déficit de agua de más de 2% del peso corporal (3). La cantidad y la tasa de reposición de líquidos depende de la tasa de sudoración del deportista, la duración del ejercicio, y las oportunidades para beber (47). El consumo de bebidas que contengan electrolitos e hidratos de carbono puede ayudar a mantener el equilibrio de líquidos y electrolitos, y el rendimiento en eventos de resistencia (47). Por otra



parte, los líquidos que contengan sodio y potasio ayudan a reponer las pérdidas de electrolitos que se producen a través del sudor, ya que además una concentración baja de sodio puede producir hiponatremia (47). El tipo, intensidad y duración del ejercicio y las condiciones ambientales alterarán la necesidad de fluidos y electrolitos (3). El balance de líquidos durante el ejercicio no siempre es posible debido a que las tasas de sudoración máximas superan las tasas máximas de vaciado gástrico (3).

Se ha descrito (34, 36, 50) que el consumo de 180-360 ml de bebidas deportivas (con un 6-8% de HC) cada 15-30 minutos durante una sesión de ejercicios puede aumentar el rendimiento de los deportistas que participan en actividades intermitentes.

- **DESPUÉS DEL EJERCICIO:** Teniendo en cuenta el tiempo adecuado, la ingesta de comidas y bebidas habituales restaurará el estado de hidratación mediante la reposición de los líquidos y electrolitos perdidos durante el ejercicio físico (3). La recuperación rápida y completa inducida por una deshidratación excesiva puede llevarse a cabo bebiendo entre 450 y 675 ml de líquido por cada medio Kg de peso corporal perdido durante el ejercicio físico (3). El consumo de bebidas para la rehidratación y la ingesta de alimentos salados en las comidas/tentempiés ayuda a reemplazar la pérdida de líquidos y electrolitos (47). La rehidratación completa requiere la reposición suficiente de sodio y de potasio así como una ingesta adicional superior a la que se pierde a través del sudor y de la orina durante la actividad física (33).

En la siguiente Tabla (8) se resumen las recomendaciones del ACSM en cuanto a las pautas de hidratación antes, durante y después del ejercicio.

RECOMENDACIONES DE LÍQUIDOS Y ELECTROLITOS PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA	
<b>ANTES DEL EJERCICIO</b>	La hidratación previa debería iniciarse varias horas antes del ejercicio para asegurar la absorción de líquidos y la excreción de orina. Bebidas que contienen sodio y tentempiés salados pueden aumentar la sensación de sed y retener líquidos.
<b>DURANTE EL EJERCICIO</b>	El plan de bebidas debe adecuarse a cada individuo, basándose en medidas del peso corporal antes y después del ejercicio. Los atletas deben evitar una pérdida de peso de más del 2% durante el ejercicio. Los líquidos deben contener HC y electrolitos para mantener el equilibrio de fluidos y el rendimiento.
<b>DESPUÉS DEL EJERCICIO</b>	Las comidas y bebidas normales inducirán un estado normal de hidratación. Si se necesita una rápida recuperación se debe beber 1.5 l por cada kg de peso perdido durante el ejercicio. Las bebidas han de contener sodio para ayudar a una rápida recuperación, estimular la sed y retener líquidos

Tabla 8 - Recomendaciones para la ingesta de fluidos antes, durante y después del ejercicio. (Modificado de (12)).

Para determinar la pérdida de peso a través del sudor, el peso corporal debe ser medido antes y después del ejercicio físico (12). Se recomienda que para mantener el balance de fluidos la ingesta de líquidos debe realizarse en un ratio de 0.5-2litros por hora de ejercicio físico (12). Otra pauta de hidratación propuesta es beber cada 5-20 minutos pequeñas cantidades de líquidos (150-200ml) (12). En condiciones de calor y de humedad se incrementan los requerimientos hídricos (12).

El COI sugiere que cuando las pérdidas de sudor sean altas, el sodio debe ser incluido, especialmente si el ejercicio físico va a durar un tiempo superior a dos horas (51). Durante la recuperación, la rehidratación debe incluir ambas, agua y sales perdidas por el sudor (51). Se recomienda que, tras ejercicio que conduce a la pérdida de peso corporal debido a la pérdida de sudor, el agua y el sodio se consuman en cantidades mayores que las cantidades estimadas pérdidas (3-4gramos) y con el fin de lograr una recuperación óptima de agua y un balance de electrolitos (51). Esto es especialmente importante en momentos en que se

requiere una rápida recuperación (<24 horas), así como en los casos en que se registra una pérdida de peso corporal mayor del 5% (51).

#### **1.4.4 CONCEPTOS CLAVE**

El ACSM resume las actuales recomendaciones de energía, nutrientes, y fluidos para los adultos activos y deportistas que compitan (3). Estas recomendaciones generales quedan establecidas respetando la salud, teniendo en cuenta el deporte, así como las necesidades de nutrientes o las preferencias alimentarias, y las metas o retos de control de peso corporal o de óptima composición corporal.

#### **1.5 CONCEPTO E IMPORTANCIA FISIOLÓGICA DEL SUEÑO**

El sueño se puede definir como un estado de comportamiento reversible en el que un individuo es perceptualmente desconectado y no responde al medio ambiente (52). Por lo general se caracteriza por la inmovilidad y un umbral sensorial reducido, lo cual conduciría a una disminución de la capacidad para comunicarse con el entorno. Como estado de comportamiento, el sueño es "global", lo que significa que se trata de un estado sincronizado que engloba todo el cuerpo (53). Además es un estado fisiológico y conductual complejo (54), un proceso que avanza a través de la noche y consta de dos fases principales: movimiento ocular lento o (Non-Rapid-Eye-Movement ó NREM) y el rápido movimiento ocular (Rapid Eye Movementó REM (53). El sueño NREM se divide en cuatro etapas, que se asocian con un aumento progresivo de la profundidad del sueño (52). Sin embargo, la vigilia se caracteriza por baja amplitud y ondas de alta frecuencia (53). El sueño tiene importantes funciones biológicas relativas a los procesos fisiológicos, el aprendizaje, la memoria y la cognición (55, 56).

Según (53), entre las diferentes teorías acerca de la finalidad del sueño se destacan:

- (i) El metabolismo energético relacionado, afirmando que el sueño es necesario para restaurar los recursos energéticos del cuerpo,
- (ii) Relacionar la inflamación / amenaza, indicando que el permanecer despiertos inicia reacciones de defensa en el cuerpo, y

(iii) Mejorar la plasticidad neural relacionada, indicando que la restauración de la homeostasis sináptica, que sustenta las funciones de aprendizaje y memoria, requiere sueño.

Se ha descrito (54) que la falta crónica de sueño produce cambios en el metabolismo de la glucosa y en la función neuroendocrina que pueden dar lugar a alteraciones en el metabolismo de los HC, el apetito, la ingesta de alimentos y la síntesis de proteínas. Estos factores pueden influir negativamente en el estado nutricional, metabólico y endocrino de un deportista, y por lo tanto reducir potencialmente el rendimiento deportivo (54). La pérdida de sueño activa el sistema nervioso simpático, aumentando la frecuencia cardíaca y la presión arterial, en parte mediante el aumento de los niveles de hormonas de estrés como el cortisol (57) y la noradrenalina (58). Puesto que el estrés afecta al sistema inmunológico y reduce su capacidad para luchar contra los antígenos, no es de extrañar que la restricción del sueño también module las funciones inmunes, tanto directamente como a través de los sistemas de estrés del cuerpo (53).

Por otra parte, se ha asociado una corta duración del sueño con un mayor riesgo de mortalidad (59), así como con una mayor incidencia de enfermedades metabólicas y cardiovasculares, tipo diabetes tipo 2, hipertensión o de enfermedades tipo coronarias (60). Se ha descrito en niños (61) que los horarios de sueño irregulares, especialmente en combinación con la corta duración del sueño, se asocian con alteraciones metabólicas adversas.

La secreción de ciertas hormonas de estrés que explicaría la modificación del sueño habitual en situaciones de un alto grado de tensión, se regula a través el eje hipotalámico-hipofisiario, concretamente en el hipotálamo se produce la hormona liberadora de corticotropina (CRH), en la glándula pituitaria o hipófisis se secreta la hormona adrenocorticotropa (ACTH) y por la glándula adrenal activada en cadena por las dos anteriores son secretados los corticosteroides (entre ellos el cortisol) que promueve la vigilia (62).

Una hormona secretada de forma endógena (glándula pineal y sistema gastrointestinal) es la melatonina o (N-acetil-5-metoxitriptamina) no aparece en esta figura (Figura 3) pero es reconocida como reguladora del control de los ritmos circadianos (63). La melatonina a su vez deriva de la serotonina cuyo precursor es el aminoácido denominado triptófano. Debido a que la luz es un potente inhibidor de la melatonina, casi toda la secreción endógena diaria de melatonina se produce por la noche (63).

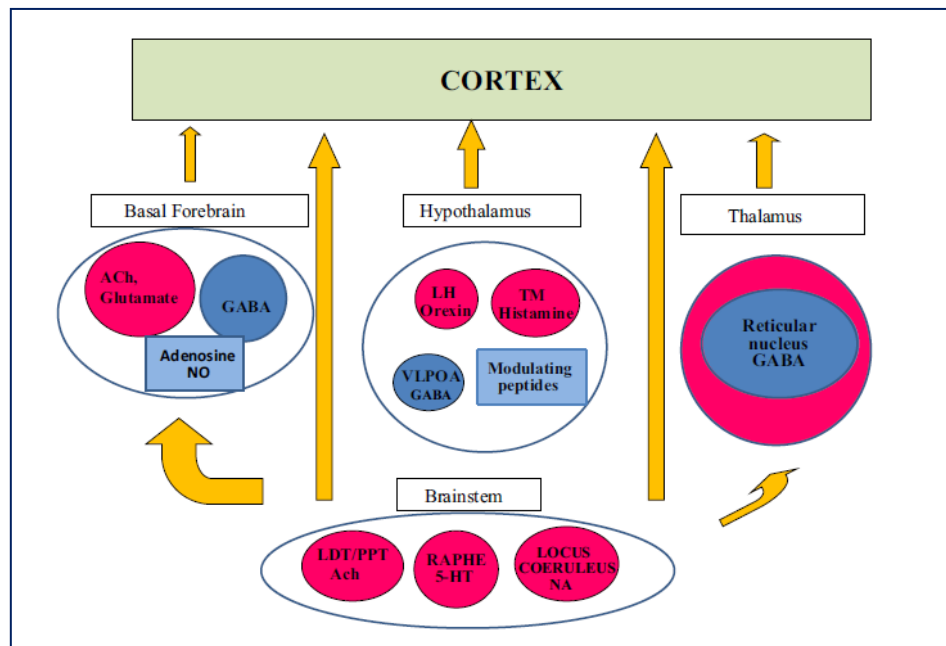


Figura3. Vista general de las principales zonas de regulación del sueño así como de algunos de los neurotransmisores implicados (Tomado de (53)).

### 1.5.1 RECOMENDACIONES DE TIEMPO DIARIO DE SUEÑO

A través de la regulación homeostática del sueño, tenemos la libertad de permanecer despiertos durante períodos más largos cuando sea necesario y luego recuperar el sueño perdido cuando sea posible (53). Sin embargo, si el sueño se ve reducido de forma permanente, ya sea de forma voluntaria o forzada por factores ambientales, las consecuencias sobre el rendimiento y la salud se hacen evidentes (53). Las horas requeridas de sueño son individuales, y están en gran parte determinadas por diversos factores, entre los que destacan la genética (64) y la edad (en concreto los niños necesitan dormir más que los adultos y se estima que la necesidad de sueño disminuye con la edad(65)). Otros factores relacionados con el sueño son el sexo (66), la duración de la vigilia del día anterior, el estado de salud, y el hecho de padecer estrés emocional y/o físico (53).

Investigaciones recientes han puesto de manifiesto que, además de las funciones del cerebro sobre el rendimiento físico, podrían sufrir debido a una restricción del sueño o a una mala calidad del mismo las funciones del resto de sistemas del organismo (53). Se ha demostrado que la restricción del sueño a valores inferiores a de seis horas por noche mantenido durante cuatro o más noches consecutivas reduce el rendimiento cognitivo así como altera el estado de ánimo (67), causando *lapses* de atención y graves déficits de rendimiento (68) y predispone a la incidencia de trastornos del estado de ánimo como la depresión (69, 70).

Se ha descrito (71) que en deportistas lesionados la falta crónica de sueño afecta negativamente a la aparición del síntoma y/o a la amplificación del dolor.

Varios estudios (68, 69, 70, 71) han llevado a plantearse establecer una recomendación para los adultos de dormir diariamente en torno a las ocho horas con el fin de reducir y/o evitar déficits de tipo neuroconductual.

#### **1.5.1. PROBLEMÁTICA DEL SUEÑO EN EL ÁMBITO DEPORTIVO**

La falta de sueño puede tener efectos significativos en el rendimiento deportivo, especialmente cuando se trata de ejercicio submáximo y prolongado (54). En un estudio realizado en el año 2007 por el Instituto Australiano del Deporte (IAD), se destaca que tanto los deportistas como los entrenadores, cuando se les interrogó acerca de las causas de la fatiga / cansancio calificaron la falta de sueño como el principal factor determinante (72). En otro estudio (73) realizado con 632 atletas alemanes, se evaluaron las alteraciones del sueño del día previo a la competición deportiva. Entre los resultados de este estudio se destaca que el 66% durmieron peor de lo normal, el 70% tuvieron problemas para conciliar el sueño, el 43% se despertaron temprano por la mañana, y el 32% se despertó durante la noche. En este mismo estudio (73) se cita que entre los motivos que propiciaron la falta de sueño, se encuentran: la incidencia de los pensamientos relativos a la competición (77%), el nerviosismo acerca de la competición (60%), la alteración del entorno habitual (29%), así como la incidencia del ruido en la habitación (17%) lo que induce a pensar que los motivos

más relevantes implicados en la pérdida de sueño en deportistas están relacionados con el hecho de tener que competir

La conciliación del sueño no es posible cuando los niveles de ciertas hormonas de estrés en el organismo permanecen elevados. Por otra parte, el actual estilo de vida evidencia un incremento en la incidencia de estrés crónico en la población, además se ha establecido que el estrés es una causa frecuente relacionada con la incidencia de insomnio (74, 75).

Cuando analizamos como afecta el sueño al rendimiento deportivo nos encontramos con la hipótesis de que el sueño de ondas lentas (NREM) o sueño profundo, es importante para la recuperación de los deportistas (54). Este hecho se evidencia por la teoría de la sincronización entre la liberación de la hormona de crecimiento (GH) durante este tipo de sueño lo que permitiría unas condiciones óptimas para el anabolismo, de la misma manera se sugiere que la duración de este sueño sea proporcional a la vigilia del día anterior (76). Por otra parte, cuando se reduce el tiempo de sueño profundo debido a la falta de sueño, se ha observado un aumento en la incidencia de somnolencia durante el día así como una reducción en el rendimiento físico (77).

Se ha descrito una alteración a nivel del sistema inmune y endocrino (71) inducido por la falta de sueño lo que podría comprometer el proceso de recuperación física y la adaptación al entrenamiento. Por tanto, se sugiere que tanto la calidad como la cantidad adecuada de sueño sería una importante estrategia en la recuperación de los deportistas.

Además, como he citado previamente (71), una recuperación apropiada puede resultar en una disminución de la inflamación y el dolor, lo que aumentaría la capacidad de conciliar el sueño, en particular en los deportistas lesionados recientemente.

Los deportistas que reducen sus horas de sueño pueden beneficiarse de una breve siesta, sobre todo si tiene que realizar una sesión de ejercicio físico por la tarde o por la noche (54). En términos de rendimiento cognitivo, las siestas han demostrado tener una influencia positiva en las tareas cognitivas después de dormir poco, ya que podrían reducir la somnolencia y ser beneficiosas en el aprendizaje de habilidades, estrategia o táctica (78). Los

datos de este pequeño número de estudios sobre la extensión del sueño y las siestas, sugieren que el aumento de la cantidad de sueño puede mejorar significativamente el rendimiento (54).

### 1.5.2 FACTORES NUTRICIONALES Y SUPLEMENTOS INDUCTORES O INHIBIDORES DEL SUEÑO

Se han definido ciertas conductas o hábitos saludables que promueven la mejora de la calidad y cantidad de sueño (79). Por lo general, se trata de evitar comportamientos que interfieren con los patrones de sueño y/o involucrarse en comportamientos que promueven el buen dormir.

La situación de ejercicio y la composición de la dieta son importantes factores reguladores del sueño (Figura 4), además la síntesis de neurotransmisores mensajeros en el sistema nervioso central, en concreto la producción de 5-HT y de melatonina (80) se activa a través de estos dos factores (dieta y ejercicio) (54).

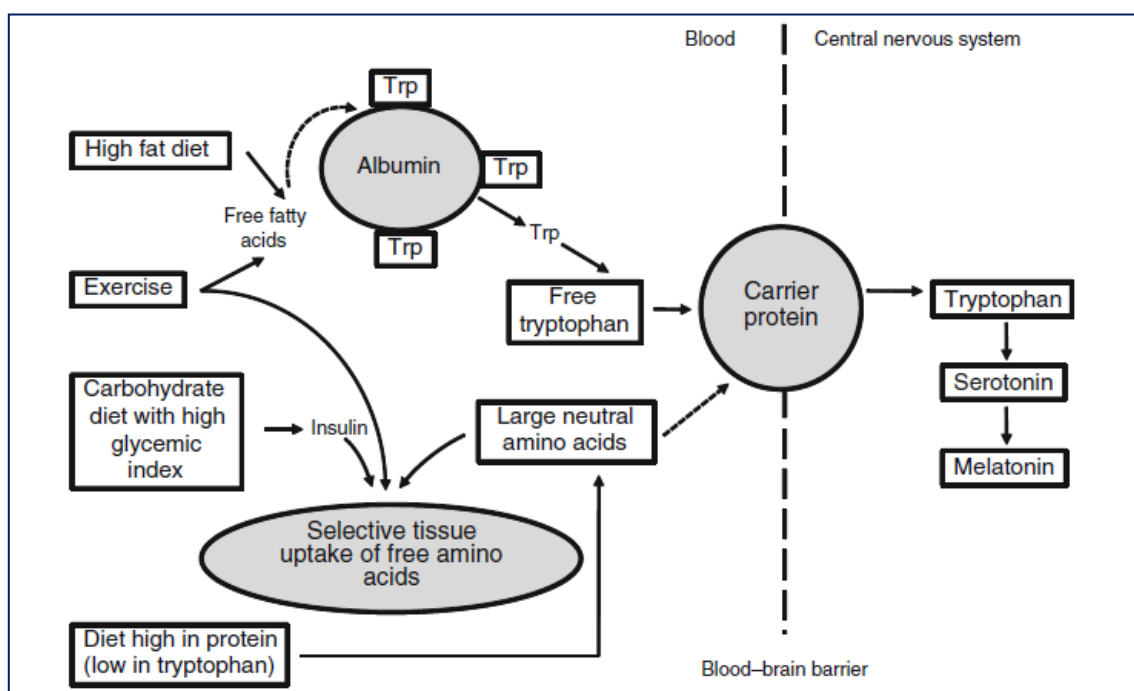


Figura 4. Efectos de la dieta en el consumo de triptófano. (Tomado de (54)).

La conversión del triptófano en serotonina y de esta en melatonina (Figura 3) se favorecería cuando estuviese aumentada la proporción de triptófano libre con respecto a la de aminoácidos de cadena ramificada (large neutral aminoacid). Se ha demostrado (80), que



ciertos desequilibrios en la síntesis endógena cerebral de serotonina están involucrados en la regulación del sueño. Por otra parte, una reducción de los niveles de triptófano libre en plasma conduciría a la aparición de trastornos del sueño (80).

Tradicionalmente varios componentes naturales presentes en los alimentos han sido asociados con la inducción y/o la inhibición del sueño, entre ellos cabe destacar:

- **Valeriana:** Es el producto herbáceo más comúnmente usado para inducir al sueño en Estados Unidos y en Europa (81), procede de la planta *Valeriana officinalis*, y se utiliza comúnmente para tratar el insomnio y la ansiedad (82). Sus principios activos actúan en el SNC mediante la unión a los receptores de tipo GABA A induciendo a un efecto relajante (83) por tanto esta planta es considerada como una posible reguladora de la excitabilidad del sistema nervioso.

- **El triptófano:** Es un aminoácido esencial en el organismo que actúa como precursor de serotonina (5-hidroxitriptamina: 5-HT), y está presente en una gran cantidad de alimentos, entre éstos encontramos: la leche, la carne, el pescado, el pollo, los huevos, las judías negras secas, el queso y las verduras de hoja verde (84). Por otra parte, el triptófano en pequeñas dosis (1 g) utilizado en forma de suplemento podría reducir el tiempo de latencia del sueño así como mejorar la calidad del mismo (85). En cualquier caso se puede aportar esta pequeña cantidad con pequeñas pautas nutricionales concretamente con el consumo de aproximadamente unos 300 gramos de pavo y/o de 200 gramos de semillas de calabaza entre otras (54) .

- **Alimentos sólidos y de alto índice glucémico:** Constituyen otro posible método para alterar la síntesis endógena de serotonina (84). Los HC de alto IG pueden aumentar la proporción de triptófano libre con respecto a los niveles de aminoácidos de cadena ramificada (84). En concreto la secreción de insulina, conduciría a un aumento de triptófano libre y por tanto a la síntesis de serotonina en el cerebro (86). La insulina además promueve el transporte de los aminoácidos de cadena ramificada hacia el músculo, promoviendo una reducción de la concentración en plasma de AAR (aminoácidos ramificados) y reduce los niveles de ácidos grasos libres en sangre ya que también promueve la síntesis de triglicéridos

en tejido adiposo (84). Los alimentos con alto índice glucémico, como el arroz blanco, la pasta, el pan y las patatas cocidas podrían ser beneficiosos para la inducción del sueño si se consumen algo más de 1 h antes de irse a dormir, también se ha señalado que para mejorar la calidad del sueño es preferible ingerir en la última comida alimentos sólidos en lugar de líquidos (54).

- **La melatonina:** Es una sustancia presente de forma natural en algunos alimentos que también puede ser ingerida en forma de suplemento sola o combinada con valeriana, parsiflora y amapola de California (Aquilea®). La suplementación con melatonina se ha descrito que aumenta el tiempo total de sueño (63) y la calidad del mismo (87). Por otra parte, la melatonina también induce a un efecto hipotérmico, con reducciones en la temperatura del núcleo que van desde 0,01 a 0,3°C (63). El inicio del sueño tiende a ocurrir cuando la temperatura corporal central está disminuyendo y el sueño termina cuando está subiendo (88). Por esta razón se ha utilizado con cierto éxito en turnos de trabajo y las personas que experimentan *jetlag* (84).

Es importante resaltar que la reducción drástica de la ingesta calórica mantenida durante largos periodos (huelgas de hambre) podría inducir a insomnio o falta crónica del sueño lo que agrava drásticamente la situación del ayuno prolongado (54). Sin embargo no se conoce el efecto de la ingesta de dietas hipocalóricas de forma aguda (un día) sobre el sueño.

Por el contrario hay algunos componentes de los alimentos que podrían afectar al sueño, entre ellos se destacan:

- **Alcohol:** El efecto del alcohol a nivel del SNC es bifásico primero actúa como excitador luego como depresor lo que se traduce en efectos en el sueño caracterizados con una disminución de la fase REM o del sueño ligero en la primera parte de la noche y un aumento de esta fase REM en la segunda parte, invirtiendo las fases naturales del sueño (89). Por tanto el consumo de alcohol se considera perjudicial para la calidad y la cantidad de sueño cuando se ingiere en la etapa previa a irse a dormir.

- **Cafeína:** La cafeína es un estimulante del sistema nervioso central (90). Actúa como antagonista del receptor de adenosina y por medio de este mecanismo promueve el estado de vigilia (91) pero los efectos a nivel de metabolismo difieren de unos a otros, al igual que su tolerancia. La cafeína se encuentra en una gran variedad de productos, siendo el café y el té las fuentes más comunes (84). La cafeína se encuentra también presente en muchos refrescos entre los que se encuentran algunas bebidas utilizadas en el entorno deportivo que contienen cantidades considerables de cafeína (53). Entre los principales efectos de la cafeína sobre el sueño hay que destacar, el alargamiento en el tiempo de inducción al sueño lo que conduce en la mayor parte de los casos a un acortamiento del tiempo total de sueño, y/o a la fragmentación del mismo (53). En deportistas se han utilizado dosis de cafeína altas con el objetivo de mejorar el rendimiento físico, especialmente cuando los eventos deportivos discurren durante la tarde o la noche, por este motivo se podría comprometer el sueño de después (84).

- **Híper-hidratación:** Otro factor nutricional involucrado con la cantidad y la calidad del sueño puede ser el grado de hidratación y éste se encuentra relacionado con la ingesta de fluidos (84). En una reciente encuesta llevada a cabo en el IAD sobre los hábitos de sueño de los deportistas, se describe como causa principal de la incidencia de trastornos del sueño, el hecho de despertarse durante la noche varias veces a para miccionar (84). Este aspecto está relacionado con la necesidad de rehidratación tras las sesiones de entrenamiento de la tarde o de la noche, podría conducir a una híper-hidratación que afectaría a la calidad posterior del sueño (84). Por otra parte, la ingesta de altos volúmenes de fluidos con una baja concentración en sodio (como es el agua) en el período comprendido entre el cese del ejercicio y la hora de acostarse conduce a un incremento de la excreción renal de orina (84).

### 1.5.3 RECOMENDACIONES GENERALES

Han sido establecidas una serie de recomendaciones generales (79), algunas de ellas ya han sido previamente comentadas de forma individual y todas ellas se engloban en el concepto de una óptima higiene del sueño, entre ellas destacamos:

1. Asegurar una recuperación apropiada (físico, nutricional y psicológico) del entrenamiento y la competición.
2. Consumir triptófano contenido en alimentos como leche, carne, pescado, pollo, huevos, frijoles, maní, queso y verduras de hoja verde.
3. Consumir 4 horas antes de acostarse comidas de alto índice glucémico.
4. Consumir una dieta sana y equilibrada.
5. Reducir al mínimo el consumo de alcohol antes de acostarse.
6. Reducir al mínimo el consumo de cafeína antes de acostarse.
7. Tener cuidado con la ingesta de líquidos una vez concluido el entrenamiento / competición y la hora de acostarse.
8. El calentamiento de la piel cuando las condiciones ambientales sean frías que puede lograrse a través de baños cálidos o uso de bañera con hidromasaje.
9. Enfriamiento de la piel cuando las condiciones ambientales sean cálidas que puede lograrse a través de duchas frías o mediante el uso adecuado de aire acondicionado.
10. Higiene del sueño: Entre las estrategias comúnmente recomendadas se destacan algunas como eliminar el reloj del dormitorio, regularizar la hora de dormir, dormir siestas (no más de 45 minutos, ni excesivamente tarde).
11. Explorar el uso de la relajación muscular y la relajación cognitiva. También se han sugerido técnicas de respiración en forma de exhalación espontánea.



## **2. OBJETIVOS**

1-Describir las pautas nutricionales en un colectivo de aspirantes a estudiantes en la FCAyD el día de las pruebas físicas para el ingreso considerando éste como un día de máximo estrés.

2-Describir las pautas de sueño en un colectivo de aspirantes a estudiantes en la FCAyD el día de las pruebas físicas para el ingreso considerando éste como un día de máximo estrés.



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS:**

El presente estudio se llevó a cabo con sujetos que se presentaron a las pruebas físicas que tuvieron lugar entre los días 30 de junio y 4 de julio del año 2014. La participación en el estudio fue voluntaria y se repartió un documento entre los aspirantes (Anexo 2) que explicaba las pautas para la recogida de datos en aquellos sujetos que quisieran participar. A continuación y sin interferir en el correcto desarrollo de las mismas, se procedió entre las transiciones de los diferentes *tests* físicos al rellenado por parte de nuestro grupo de investigación de un cuestionario abierto (Anexo 3), el cual incluye tanto preguntas relativas a su nutrición así como de sus hábitos de sueño y de actividad física. En dicho cuestionario se incluye un espacio para que los participantes firmen su consentimiento en la participación y en la utilización de estos datos con una finalidad de investigación.

En primer lugar los voluntarios fueron pesados en báscula (Mettler Toledo precisión  $\pm 0,050\text{Kg}$ ) y medidos con tallímetros (Harpender Anthropometric Instruments<sup>®</sup>, UK precisión  $\pm 0,2\text{cm}$ ).

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

De los cuatrocientos cuarenta y cuatro sujetos preinscritos en las pruebas físicas para el ingreso en la FCAyD, únicamente setenta y dos eran mujeres y representaron un 16% de la posible muestra.

De este total, se rellenaron los cuestionarios con datos nutricionales en 132 sujetos lo que representa un 30% de la población inscrita.

En dicha muestra de nuevo las mujeres fueron minoritarias y representaron un 14,4 % de la muestra estudiada.

#### **3.2 METODOLOGÍA PARA VALORAR LA ALIMENTACIÓN EL DÍA DE LAS PRUEBAS DE LOS ASPIRANTES**

El registro nutricional tomado se estructuró en cinco comidas (cena del día anterior, desayuno previo a las pruebas, tentempié de media mañana, almuerzo y merienda que se consumieron en las transiciones entre pruebas) y en los casos de completar todo el cuestionario se obtuvieron registros de 24 horas de ingesta de alimentos que describen el



comportamiento alimentario en un día de verano de máximo estrés y en una población joven, entrenada y sana.

La evaluación de la dieta del día de las pruebas físicas se realizó mediante la recopilación de la ingesta dietética (alimentos y bebidas consumidos en las comidas que rodean a las pruebas físicas) y su posterior incorporación en una base de datos. Posteriormente, las hojas de registro fueron introducidas en el programa de evaluación de la dieta DIAL (Alce Ingeniería®, 2004). Dicho *software* dispone de una base de datos con posibilidad de modificación por parte del usuario, en el cual introdujimos nuevos ítems de alimentos y nuevas recetas requeridos para completar la base y ser más precisos en la evaluación de la dieta (92).

Una vez realizada la introducción de los datos de todos los alimentos ingeridos durante el periodo establecido, el programa ofreció información detallada acerca del aporte de energía y de los múltiples macro y micronutrientes. Los datos relativos a la composición de macronutrientes (HC, proteínas y lípidos) de las diferentes comidas fueron introducidos en una base excell para su posterior análisis del que se derivan los resultados del presente trabajo.

En general, el registro de 24 h consiste en una entrevista en la que se pide al entrevistado que describa todas las comidas y bebidas consumidas en las últimas 24 horas (93), en nuestro caso sólo el registro de la cena y el desayuno fueron mediante éste método retrospectivo y el resto de comidas (tentempié de media mañana, almuerzo y merienda) se anotaron de forma prospectiva (durante las pruebas).

Al no haber avisado con antelación sino el mismo día de la prueba se puede considerar que las dos comidas retrospectivas (cena y desayuno) registradas cumplen con el requisito de lo inesperado, evitando que los sujetos analizados modificasen su ingesta para ese día, muchos además trajeron la comida del mediodía preparada en un *tuper* de casa. Lo que determinó que se cumple en general con el requisito de lo inesperado.

Para realizar el citado estudio hemos revisado las pautas indicadas para realizar estudios de evaluación nutricional en poblaciones especiales descrito en el Documento Consenso (94) entre estos quiero destacar que he prestado especial atención:

1. En estudios de población en nutrición, actividad física y estilos de vida es esencial conocer cuáles son los objetivos de interés y los recursos disponibles, para ser capaz de decidir que método o métodos válidos son los más adecuados en cada circunstancia. En nuestro caso hemos podido realizar la toma de datos durante cinco días en nuestras instalaciones deportivas en las que disponemos de báscula y de tallímetro.
2. Cualquier método para la valoración de la ingesta alimentaria tiene ventajas y desventajas, que deben ser consideradas al decidir cuál es el más adecuado de acuerdo a los objetivos, la población y los recursos. Se recomienda la combinación de más de un método para los estudios de vigilancia nutricional. En nuestro caso utilizamos el método retrospectivo del recuerdo de 24 horas para el registro de la cena del día anterior y del desayuno, en cambio el registro del tentempié de media mañana, el almuerzo y la merienda se realizaron de forma prospectiva, durante el día de las pruebas físicas.
3. Las diferentes categorizaciones de nivel de actividad física deben evaluarse en función de aspectos como el género, la edad, el nivel socioeconómico y el nivel educativo, entre otros. En nuestras encuestas tuvimos recogimos algunos de esos datos como la edad, el género,...
4. En todos los estudios, incluida la evaluación del consumo de alimentos hay gente que mal-informa o sobre-informa acerca de su consumo alimenticio. Este problema es aún más importante en determinados grupos de población, y debe ser considerado en el diseño del proyecto y el procesamiento de los datos para aliviar su impacto en los resultados. Al no ser un cuestionario obligatorio, ya que como he dicho anteriormente los deportistas que participaron lo hicieron voluntariamente firmando un consentimiento firmado, se reduce el riesgo de que esto ocurra.
5. La evaluación del consumo de alimentos y bebidas debe considerar los aspectos sociales relacionados con la ingesta, incluyendo cuándo, dónde, qué, cómo y con quién. En las encuestas se registraron las ingestas en las distintas comidas de cada momento del día.

### **4.3 EVALUACIÓN DE LAS HORAS DE SUEÑO**

Se ha llevado a cabo mediante anotación en el cuestionario antes nombrado (Anexo 2) del número de horas habituales de sueño en tres situaciones:

- 1- Día habitual de diario de domingo a jueves, se les preguntó la media diaria o el intervalo de número de horas de sueño
- 2- Día habitual de fin de semana de viernes y sábado y del
- 3- Día previo a la realización de las pruebas físicas

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ESTUDIO NUTRICIONAL

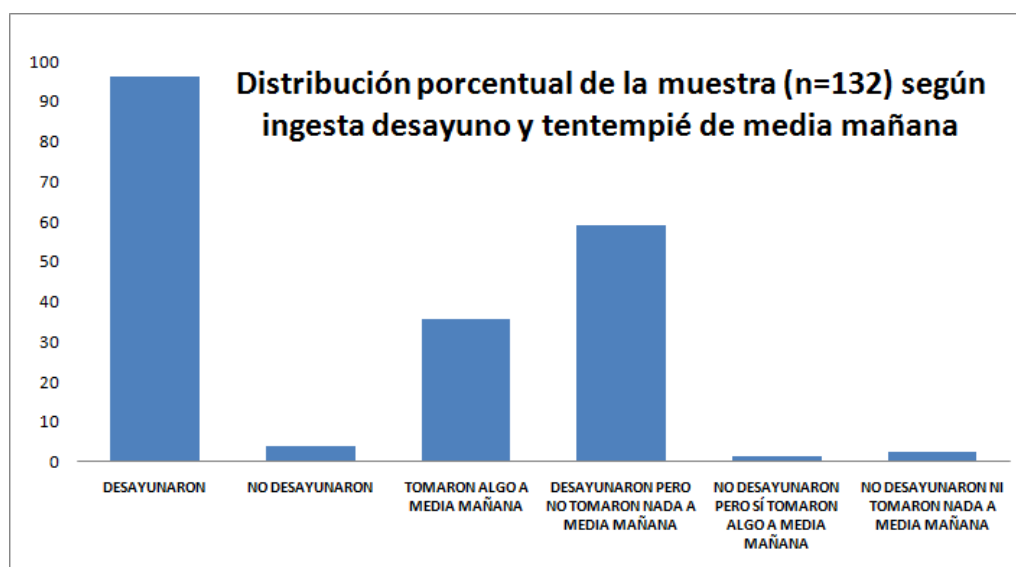
A un 30% de los 444 alumnos que se presentaron a las pruebas de acceso, se les realizó un registro dietético de las distintas comidas del día participando un total de 132 sujetos.

#### 4.1.1 RESULTADOS DEL DESAYUNO

El 96% de los sujetos encuestados había desayunado (n=127) en la fase previa a las pruebas físicas y algo más de un tercio de la muestra (35,6%) ingirió un tentempié a media mañana (n=47).

De esos 127 sujetos que desayunaron, el 59,1% (78 sujetos) no tomó nada a media mañana.

Únicamente cinco sujetos se presentaron a las pruebas sin haber desayunado previamente. Además hay que resaltar que de estos cinco sujetos que no desayunaron dos de ellos tomaron un tentempié a media mañana.



Gráfica 1- Distribución porcentual de la muestra según la ingesta del desayuno y del tentempié de media mañana

El 96% de los sujetos entrevistados a los que se les realizó un registro dietético, describieron que previo a las pruebas habían desayunado. Al tratarse de una muestra de ambos sexos la distribución por géneros fue de (n=109) varones y de (n=18) mujeres. La energía media consumida con el desayuno fue de  $397 \pm 210$  Kilocalorías (Kcal). En lo referido a la ingesta de los macronutrientes en el desayuno, se aportaron unos valores medios de 55

gramos de HC, 15 gramos de proteínas y 13 gramos de lípidos. Al analizar la distribución porcentual aportada en el desayuno sobre el total de la energía consumida se encontró que el 26% de la energía procedió de los lípidos, el 15% de las proteínas y el 56% de los hidratos de carbono, estos resultados quedan reflejados en la figura 5.

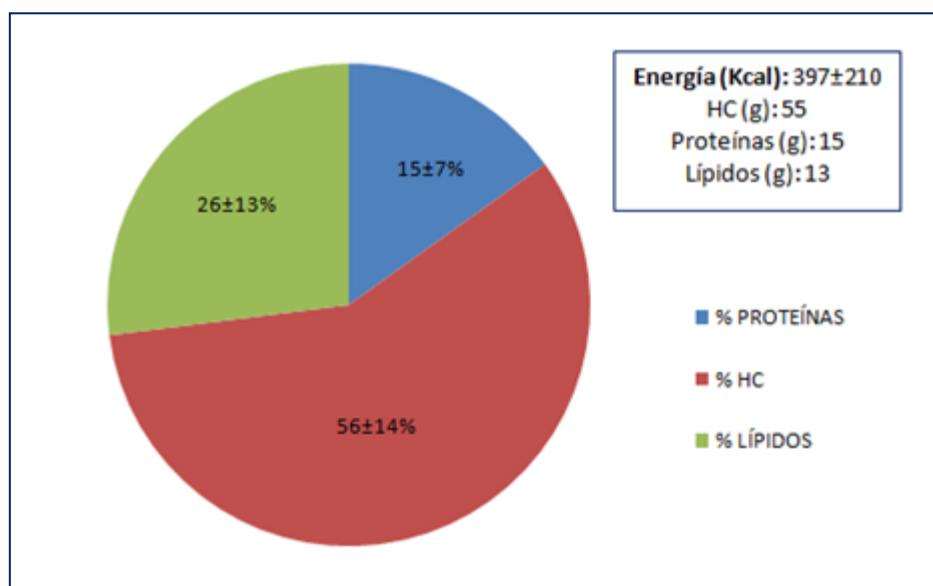


Figura 5- Distribución porcentual de la energía consumida en el desayuno (n=127; 109 varones, 18 mujeres).

#### 4.1.2 RESULTADOS DEL TENTEMPÍE DE MEDIA MAÑANA

De los 47 sujetos que tomaron un tentempié a media mañana, 40 eran varones y 7 eran mujeres. La energía media consumida fue de  $195 \pm 115$  Kcal. En cuanto a la ingesta de los macronutrientes, se ingirieron: 37 gramos de HC, 4 gramos de proteínas y 3 gramos de lípidos. Del total de la energía consumida durante la media mañana, de media el 11% procedió de los lípidos, el 7% de las proteínas y el 80% de los hidratos de carbono (Figura 6).

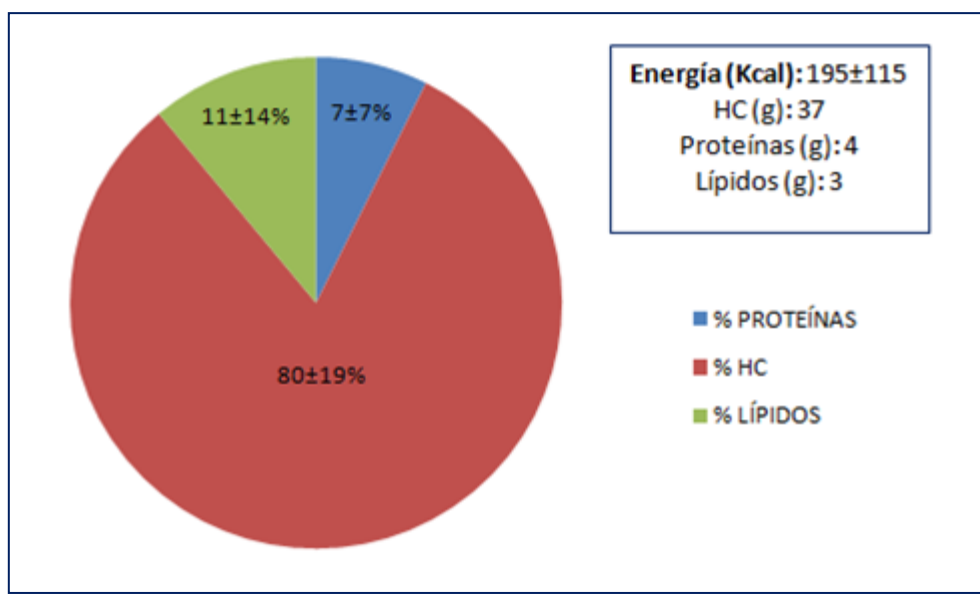


Figura 6- Distribución porcentual de la energía consumida en el tentempié de media mañana (n=47; 40 varones, 7 mujeres).

#### 4.1.3 RESULTADOS DEL ALMUERZO

Se recogieron 96 almuerzos, de 83 varones y de 13 mujeres. La energía media consumida en esta comida fue de  $859 \pm 367$  Kcal. En lo referido a la ingesta de los macronutrientes, en esta comida se ingirieron 96 gramos de HC, 38 gramos de proteínas y 34 gramos de lípidos. Del total de la energía consumida en el almuerzo, el 33% procedió de los lípidos, el 18% de las proteínas y el 48% de los hidratos de carbono.

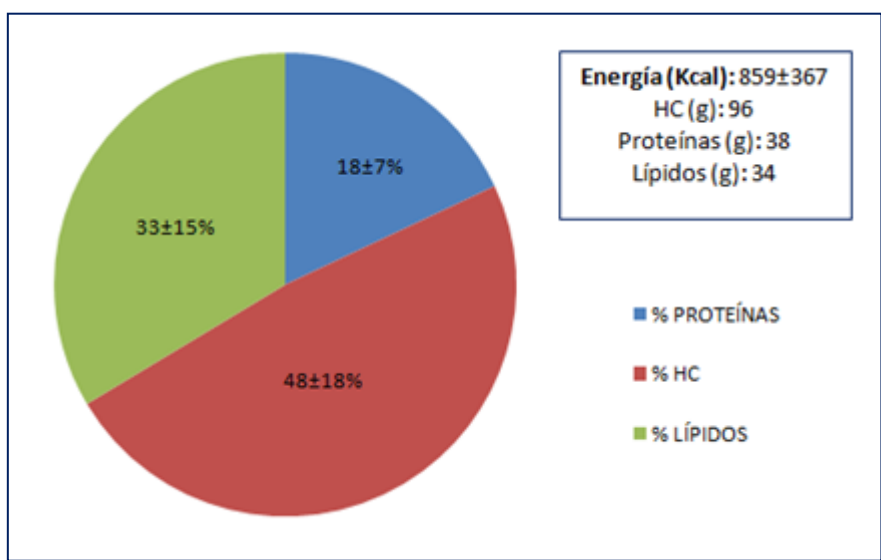


Figura 7- Distribución porcentual de la energía consumida en el almuerzo (n=96; 83 varones, 13 mujeres).

#### 4.1.4 RESULTADOS DE LA MERIENDA

Se registró una ingesta de tentempié para merendar en 61 sujetos, de ellos 51 eran varones y 10 eran mujeres. La energía aportada con la merienda fue de  $181 \pm 147$  Kcal. En cuanto a la ingesta de macronutrientes, esta comida aportó 33 g de HC, 4 g de proteínas y 3 g de lípidos. Del total de la energía consumida, el 9% procedió de los lípidos, el 6% de las proteínas y el 83% de los hidratos de carbono.

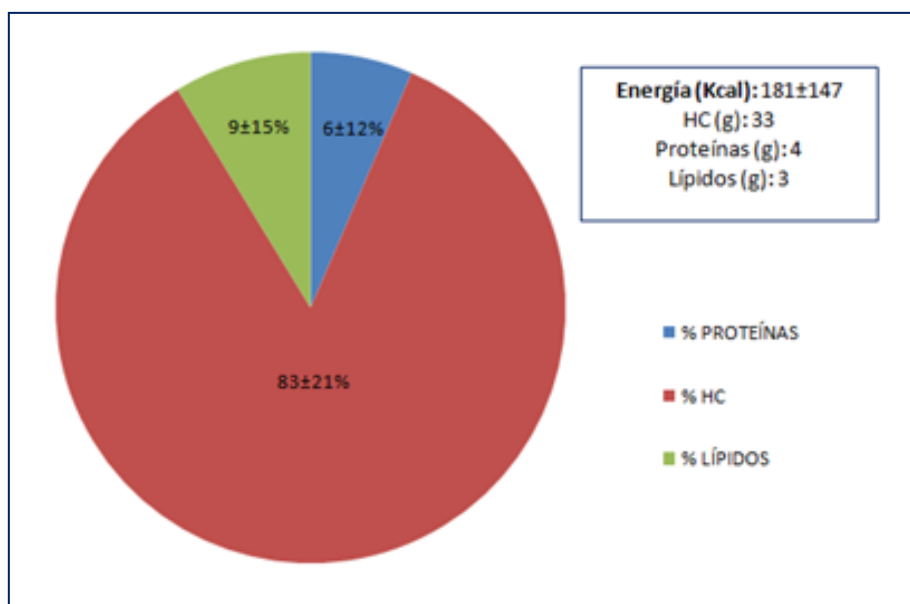


Figura 8- Distribución porcentual de la energía consumida en la merienda (n=61; 51 varones, 10 mujeres).

#### 4.1.5 RESULTADOS DE LA CENA

Se analizó la composición de la cena del día previo a las pruebas en 126 sujetos de los cuales 109 eran varones y 17 mujeres. La energía media consumida fue de  $662 \pm 367$  Kcal. En cuanto a la ingesta de los macronutrientes, se ingirieron en la cena previa al día de las pruebas 59g de HC, 32g de proteínas y 32g de lípidos. Del total de la energía aportada en la cena, el 42% procedió de los lípidos, el 19% de las proteínas y el 36% de los hidratos de carbono.

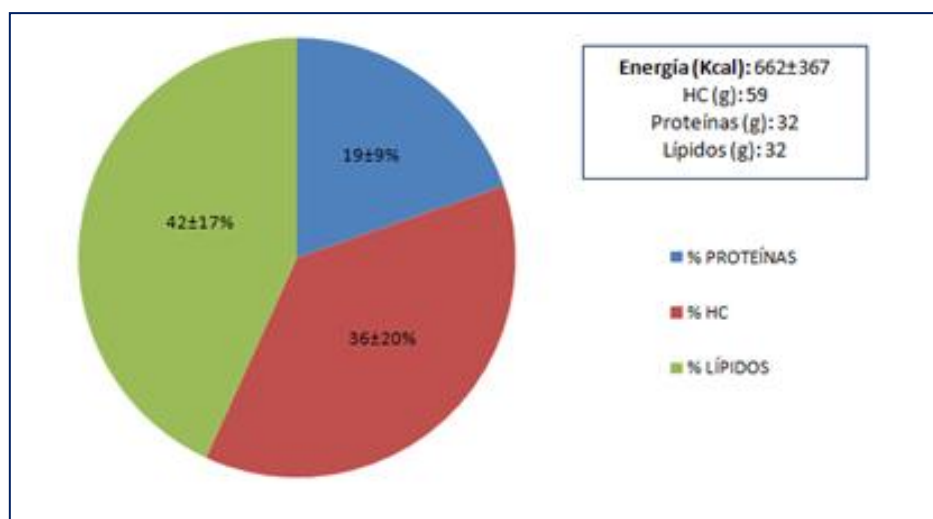


Figura 9- Composición energética de la cena del día previo a las pruebas (n=126; 109 varones, 17 mujeres).

#### 4.2 ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA INGESTA EN LAS 24 HORAS QUE RODEAN A LAS PRUEBAS DE ACCESO

De los 132 sujetos a los que se les realizó un registro nutricional, en 93 sujetos se completó un registro completo de todos los alimentos consumidos en las comidas que rodean a las pruebas, que incluían la cena del día anterior. De estos 93 sujetos, 80 eran varones y 13 mujeres. Las mujeres consumieron un total de energía comprendido entre 817 y 2718 kcal y en los varones el rango fue superior y se situó entre 722 y 3615 Kcal. Por el contrario, cuando se expresan estos valores de forma relativa al peso (kg) se observa que las mujeres ingirieron más energía que los varones (Figura 10) por Kg de peso corporal.

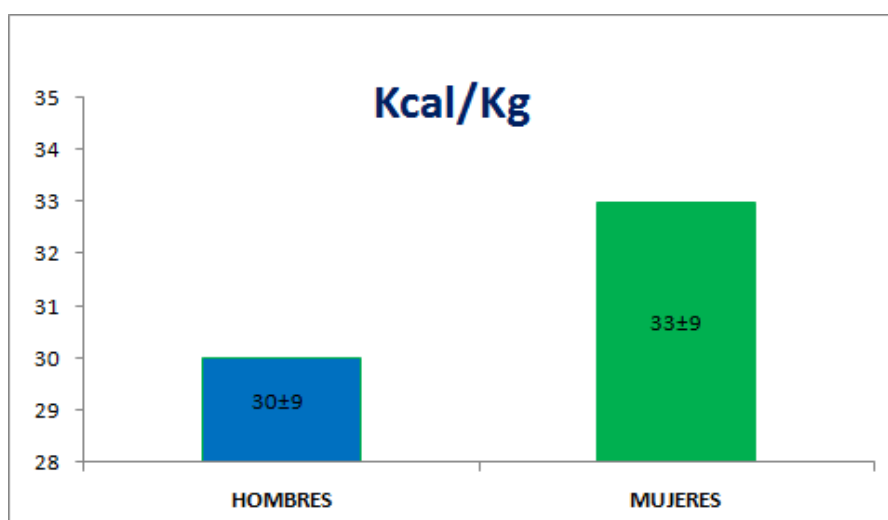


Figura 10- Energía media consumida en las distintas comidas en valores relativos al peso (kcal/kg)



Se analizó la composición de la dieta en cuanto a contribución de cada macronutriente al aporte global de energía durante todo el día. En las mujeres (Figura 11) el principal combustible energético fueron los hidratos de carbono aportando de media un  $48\% \pm 10$  de la energía total, los lípidos aportando el  $34\% \pm 10$ , y las proteínas que aportaron el  $16\% \pm 4$ .

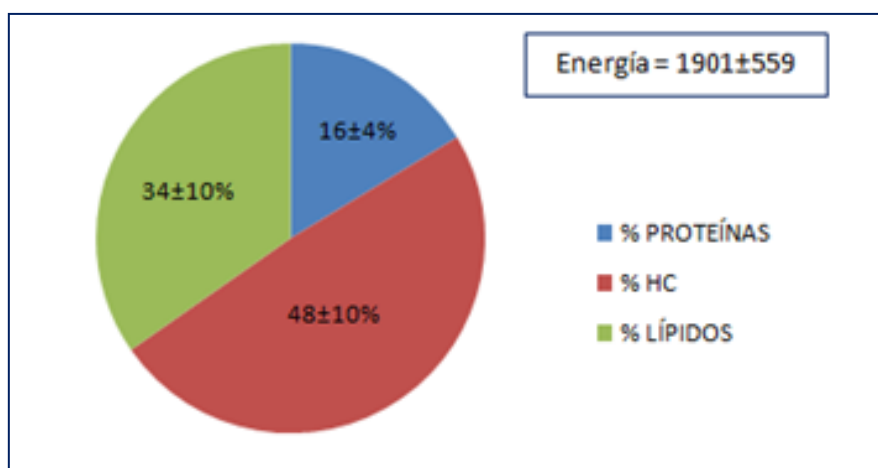


Figura 11- Contribución de cada macronutriente al aporte energético total diario en las mujeres

En los 80 varones a los que se les completó el registro de 24 horas, se analizó la composición de la dieta en cuanto a contribución de cada macronutriente al aporte global de energía durante todo el día (Figura 12).

En los varones de la misma manera que en las mujeres el principal combustible energético fueron los hidratos de carbono que aportaron un  $47 \pm 11\%$  de la energía total este valor fue similar al de las mujeres, los lípidos ocuparon el segundo lugar aportando el  $34 \pm 10\%$  del total, y por último las proteínas que aportaron el  $17\% \pm 4\%$ , observándose que todos los valores fueron muy similares a los de las mujeres.

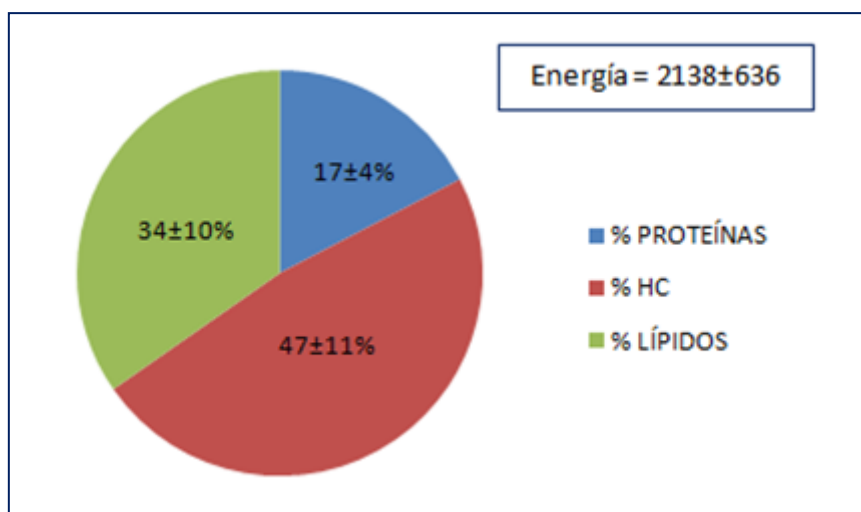
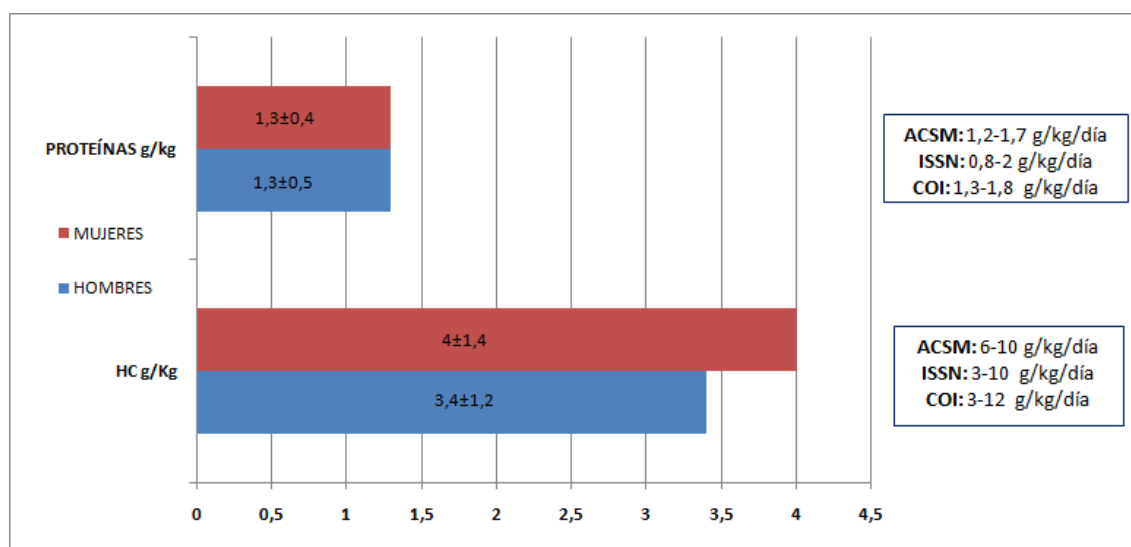


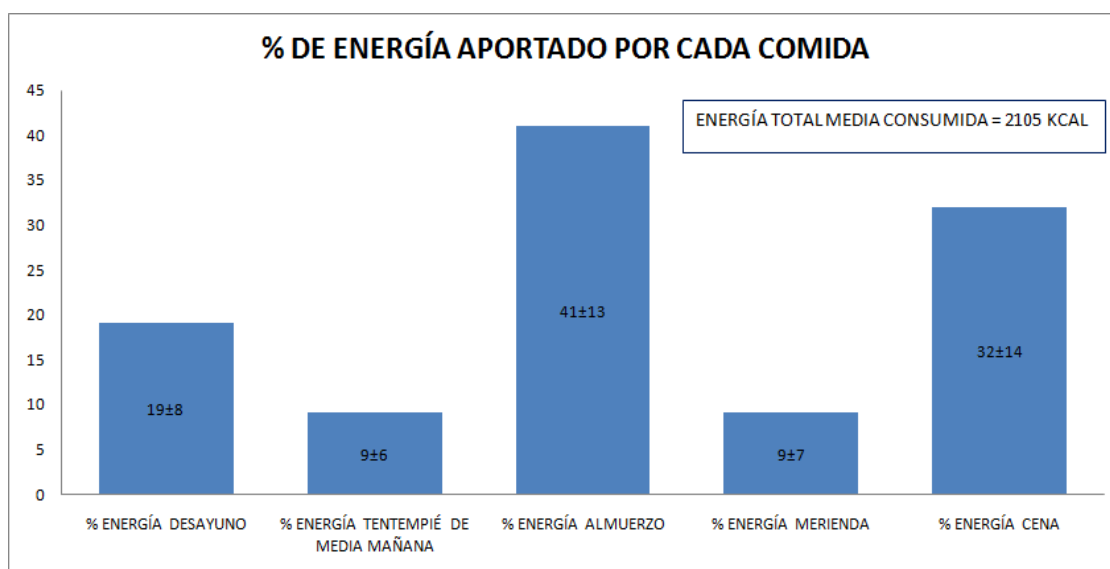
Figura 12- Contribución de cada macronutriente al aporte energético total diario en los varones

Se calculó el valor de forma relativa al peso (g/Kg) de los dos principales macronutrientes involucrados en el rendimiento deportivo: HC y proteínas. Tanto las mujeres como los varones ingirieron la misma cantidad de proteínas (1,3 gramos por kilogramo de peso). En cuanto a los HC, las mujeres ingirieron  $4,0 \pm 1,4$  g/kg, una mayor cantidad de HC relativa al peso que los varones que consumieron  $3,4 \pm 1,4$  g/kg. En la gráfica (Gráfica 2) se representan dichos valores junto a un cuadro que indica las recomendaciones de ambos macronutrientes establecidas por los organismos de mayor relevancia en el ámbito de la nutrición deportiva (ACSM, ISSN y COI).



Gráfica 2- Comparación del consumo de HC y proteínas en valores relativos al peso (g/kg) entre hombres y mujeres.

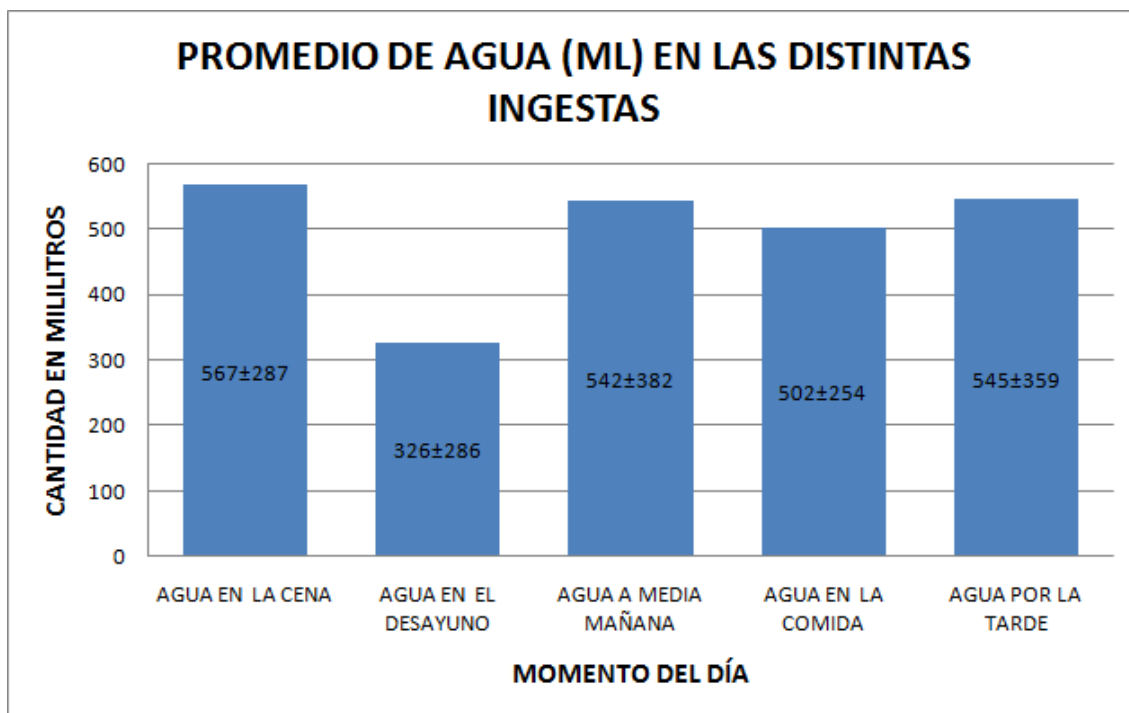
En los sujetos a los que se les completó el registro de 24 horas, se estimó el porcentaje de energía aportado por cada comida respecto al promedio total de energía consumida durante el día ( $2105 \pm 629$  kcal) como valor medio para ambos sexos (Gráfica 3). El almuerzo fue la comida que mayor porcentaje de energía aportó ( $41 \pm 13$  %), seguido de la cena ( $32 \pm 14$  %). El tentempié de media mañana y el tentempié de por la tarde aportaron valores similares en cuanto al porcentaje de energía sobre el total consumido.



Gráfica 3- Contribución energética de cada comida.

#### 4.3 RESULTADOS DEL REGISTRO DEL APORTE DE FLUIDOS

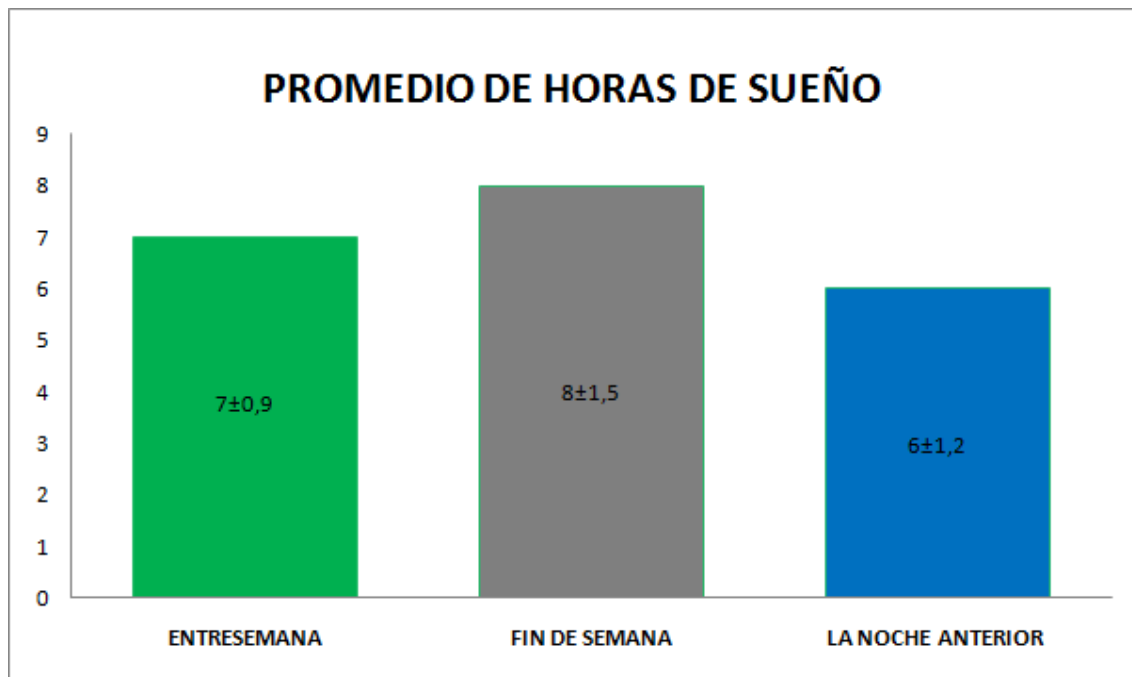
La hidratación se logra a través del aporte de líquidos en las diferentes comidas y entre horas. Se estimó que el agua total ingerida por los sujetos fue de  $2482 \pm 314$  mililitros. Se presenta la ingesta de agua en los distintos momentos del día (Gráfica 4) y se estimó una mayor ingesta de agua, ( $567 \pm 287$  mililitros) durante la cena del día previo a las pruebas, seguido por la ingesta durante la merienda ( $545 \pm 359$  mililitros), con un valor similar al aportado durante el almuerzo ( $502 \pm 254$  mililitros) y al del tentempié de media mañana ( $542 \pm 382$  mililitros).



Gráfica 4- Promedio de agua en las distintas ingestas del día.

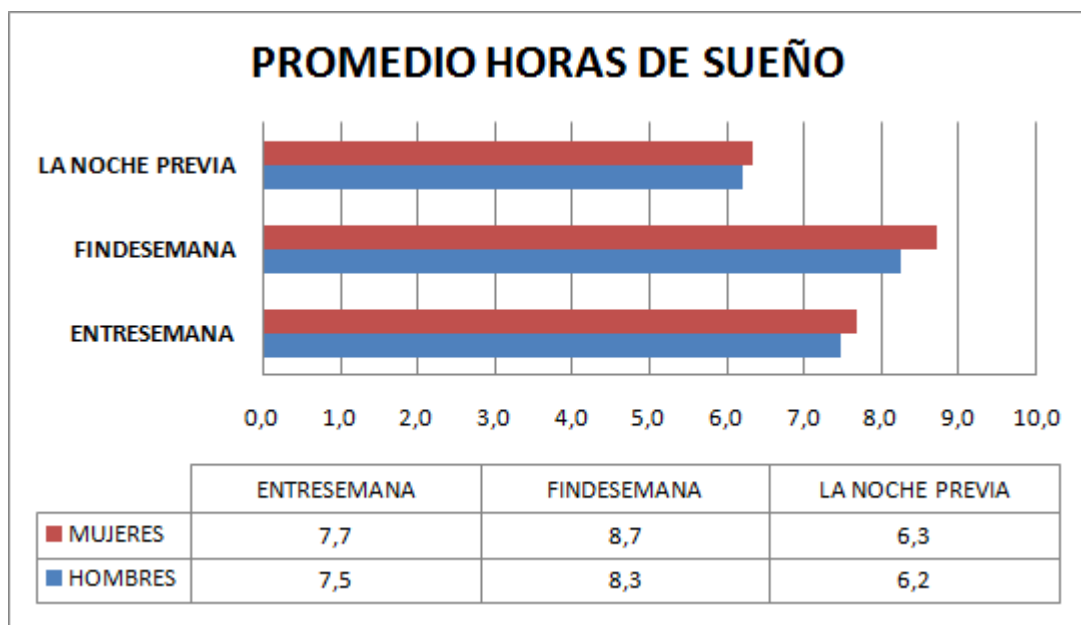
#### 4.4 RESULTADOS ACERCA DE LAS HORAS DE SUEÑO

Se presenta a continuación (Gráfica 5) el promedio de horas de sueño dormidas en los días de entresemana (domingo a jueves ambos incluidos) que fue de  $7 \pm 0,9$ h, aumentando ligeramente durante las horas de sueño de los días de fin de semana (viernes y sábado) a  $8 \pm 1,5$  horas y destacando que este tiempo de sueño se reduce en la noche anterior a las pruebas hasta  $6 \pm 1,2$  horas.



Gráfica 5- Promedio de horas de sueño.

Esta misma tendencia fue común en los dos sexos (Gráfica 6), tanto para el aumento de tiempo de sueño en los días de fin de semana como para la reducción del tiempo de sueño el día previo a las pruebas.



Gráfica 6- Comparación del promedio de horas de sueño entre hombres y mujeres.

## 5. DISCUSIÓN

El consumo de alimentos de los aspirantes se llevó a cabo mediante su registro en cuestionarios abiertos, la recogida fue en parte retrospectiva (cena y desayuno) detallando la ingesta de alimentos por recuerdo (análisis retrospectivo), este método ha demostrado ser muy útil en estudios de población (93), y resulta particularmente útil cuando el propósito es la supervisión de la nutrición. Este método, es apropiado para evaluar el consumo de diferentes grupos de población, en nuestro caso lo hemos elegido para describir las pautas alimentarias en un día de verano en Madrid de un colectivo de jóvenes de ambos sexos aspirantes a estudiar en nuestra facultad y aunque podemos presuponer que estos sujetos este día modifiquen sus patrones habituales de alimentación.

Únicamente cinco sujetos se presentaron a las pruebas sin haber desayunado previamente. Además hay que resaltar que de estos cinco sujetos que no desayunaron tres de ellos tampoco tomaron un tentempié a media mañana. Esto significa que no llevaron a cabo unas pautas correctas de alimentación tanto antes (desayuno) como durante (tentempié de media mañana) lo cual podría haber tenido repercusiones negativas en su rendimiento, sobre todo el hecho de no desayunar, ya que se ha descrito (31, 32) que comer antes de realizar ejercicio, en comparación con realizar el mismo ejercicio físico en ayunas, conduce a mejorar el rendimiento.

Al analizar la energía ingerida de forma relativa al peso (Kcal/Kg) observamos que tanto las mujeres como los varones estudiados cumplieron con los rangos establecidos por el ISSN (13) que recomienda un mínimo diario de 25-35 Kcal/Kg para personas deportistas que realicen ejercicio físico de una duración diaria comprendida entre 30 y 40 minutos con una frecuencia de tres días a la semana.

Al profundizar en los datos relativos a la ingesta de macronutrientes en concreto de hidratos de carbono y de proteínas, en valores relativos al peso y compararlos con las cantidades establecidas por las principales organizaciones (ACSM, ISSN y COI) (12) se demostró que tanto los varones como las mujeres cumplen con las recomendaciones diarias de proteínas en valores relativos al peso. Por el contrario, nuestros sujetos no alcanzaron las recomendaciones relativas al peso para los hidratos de carbono, ya que se encontraron por

debajo de las cantidades recomendadas por el ACSM y en el límite de las recomendadas por ISSN y COI, este hecho podría repercutir en el rendimiento físico ya que los HC representan el mejor sustrato para el consumo energético durante el trabajo físico de moderada o alta intensidad.

Al analizar la distribución porcentual del aporte energético total de cada macronutriente en las distintas comidas, las ingestas de hidratos, como es de suponer, aportaron la mayor proporción de energía en casi todas las comidas. Sin embargo, en la cena la energía aportada desde los lípidos fue superior lo que podría influir negativamente en el rendimiento ya que tanto el desayuno como la cena son consideradas como comidas previas a las pruebas. En la comida principal previa a un evento deportivo se aconseja un aporte relativamente bajo de grasa y de fibra para facilitar el vaciado gástrico y minimizar el malestar gastrointestinal, este hecho si se cumplió ya que el desayuno poseía estas características. Por otra parte, las comidas de durante el día (tentempié de media mañana, comida y merienda) cumplieron con ser altas en hidratos de carbono lo que evita comprometer el mantenimiento de la glucemia durante el esfuerzo (3).

En los sujetos a los que se les completó el registro de 24 horas ( $n=93$ ), se estimó el porcentaje de energía aportado por cada comida respecto al promedio total de energía consumida durante el día ( $2105 \pm 629$  kcal) tanto en varones como en mujeres, siendo el almuerzo la comida que porcentualmente más energía aportó al total consumido ( $41 \pm 13$  %), seguido de la cena ( $32 \pm 14$  %). El tentempié de media mañana y el tentempié de por la tarde aportaron valores similares en torno al 10%. Únicamente 47 sujetos de los que se les realizó registro dietético consumieron un tentempié a media mañana y 61 realizaron un tentempié para merienda, y ambos tentempiés aportaron poca energía respecto al total de energía total ingerida a lo largo del día. Se ha sugerido (3) que los deportistas que realicen múltiples ejercicios diarios (pruebas combinadas o *multievent*), podrían necesitar aportar más de tres comidas principales y de tres tentempiés diarios, estableciéndose que cualquier momento es válido para comer (3).

En nuestro estudio el registro dietético se realizó en un día fuera de lo habitual ya que se trata de un día de máximo estrés durante el verano pero que se caracterizó porque

las temperaturas no fueron excesivamente elevadas ya que oscilaron entre 21,7°C y 22,7°C por la mañana siendo éstas consideradas como temperaturas de confort, sin embargo, por la tarde las temperaturas ascendieron a unos rangos comprendidos entre 27-29,5°C. La humedad osciló entre un 38 y un 40%. Por tanto, sobre todo por la tarde se deben tener en cuenta las pautas de hidratación llevadas a cabo en la comida previa, en la cual de media se ingirieron  $542 \pm 382$  ml. Es bien sabido que los deportistas requieren de un aporte adicional de líquidos para cubrir las pérdidas de sudor durante la actividad física, especialmente durante los eventos de resistencia, en los que la ingesta adecuada de líquidos es esencial para el mantenimiento del rendimiento físico.

En relación a la distribución de la energía que aportan los distintos macronutrientes, según la última valoración de la dieta realizada con población residente en España por la FEN y publicada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (95) se observa que la población española no cumple con las recomendaciones de la *Food and Nutrition Board* (FNB) (26). Este organismo establece la distribución adecuada de macronutrientes o AMDR. Los aspirantes que se presentaron a las pruebas físicas, cumplieron con las AMDR pero los patrones alimentarios de ese día se corresponden únicamente con los de un día de máximo estrés, por lo que no podemos asegurar que su alimentación habitual sea la misma.

Se observa que, en la población de España, la ingesta de lípidos fue superior a las recomendaciones de la FNB, mientras que la de hidratos de carbono se localizó por debajo de los parámetros establecidos. La siguiente tabla (Tabla 9) presenta la distribución de macronutrientes recomendada por la FNB (26) las recomendaciones del Panel de Consumo Alimentario de la FEN, la distribución energética de la dieta de la población española descrita por la FEN (95) junto a la distribución energética encontrada por nosotros en los aspirantes a estudiantes de la FCAF y D el día de las pruebas de ingreso.



MACRONUTRIENTE	%INGESTA DEPORTISTAS PRUEBAS	%INGESTA EN ESPAÑA	%INGESTA RECOMENDADO PANEL DE CONSUMO ALIMENTARIO (FEN)	%INGESTA RECOMENDADO (AMDR ) (FNB)
PROTEÍNAS	17%	14%	10-15%	10-35%
LÍPIDOS	34%	39%	<30-35%	20-35%
H. DE CARBONO	47%	42%	50-60%	45-65%

Tabla 9- Comparación de la distribución calórica de la dieta de los aspirantes a estudiantes de la facultad de FCA y D, de la población española según estudio del MAGRMA 2012 y recomendaciones establecidas según la FNB y la FEN.

Los datos relativos a las horas diarias de sueño muestran que estos sujetos dormían una menor cantidad de horas de sueño durante la semana que durante el fin de semana, datos que se asemejan a los descritos en EEUU en el año 2005 (96) en la que la duración media del sueño en sujetos sanos fue de 6,8 h entresemana y de 7,4 h los días de los fines de semana.

Otros estudios (97, 98) afirman que la duración del sueño ha entrado en declive durante las últimas tres décadas. Es cada vez más frecuente, que se acorte el tiempo de sueño durante los días laborables de la semana y que se recupere el sueño atrasado durante los días del fin de semana siguiente. Sin embargo, se planten dudas sobre si las horas recuperadas el fin de semana serían suficientes para recuperar la deuda de sueño producida durante la semana.

Al analizar las horas de sueño diferenciadas por sexos, se observó que las mujeres dormían de media valores algo superiores que los varones. Se ha descrito anteriormente (66) que las mujeres jóvenes duermen como promedio unos 20 minutos más que sus homólogos masculinos. Sin embargo, también se ha sugerido que las mujeres sufren una mayor incidencia de falta de sueño que los varones, este hecho se ha justificado en parte porque el sueño de las mujeres tiende a ser más ligero y más fácilmente perturbable que el de varones (99).

Ciertos estudios (67,68) indican que dormir de una a dos noches una cantidad total de sueño de alrededor de seis horas y media, no afectaría necesariamente al rendimiento físico. Sin embargo, el efecto acumulativo de la pérdida o restricción del sueño se ha descrito que influye negativamente en el rendimiento deportivo (67,68).

Se debe tener en cuenta que tanto la noche anterior como el mismo día de las pruebas son días de máximo estrés emocional, y las horas de sueño pueden verse comprometidas por esta situación. Los participantes durmieron ese día una media 6 horas, valor inferior a lo que duermen habitualmente. Esta cantidad fue inferior a las 8 horas por noche necesarias aconsejadas como hábito para prevenir los déficits de comportamiento neuroconductual (67,68) asociados con la incidencia crónica de falta de sueño. En un estudio (100) se indica que la falta crónica de sueño aumentaba el apetito, aumentando el consumo de alimentos

Autores como Reilly y Deykin (101) describen que la falta de sueño podría tener efectos negativos sobre el rendimiento físico y defienden que después de sólo una noche de sueño restringido ya se produce una disminución en una gama de funciones psicomotoras, sin embargo en ese mismo trabajo se refleja que las principales funciones motoras como son la fuerza muscular, la capacidad pulmonar, y la carrera de resistencia no se vieron afectadas por una única noche de restricción de sueño.

En otro estudio (71) se propone que el ejercicio prolongado podría verse afectado por la restricción de sueño en mayor medida que los esfuerzos máximos individuales, insistiendo que son las tareas de ejercicio submáximas las que más pueden verse afectadas después de la falta o restricción de sueño.

La restricción crónica de sueño podría tener efectos agudos y crónicos sobre el rendimiento deportivo. Los deportistas que duerman una cantidad insuficiente de sueño en la noche inmediatamente antes de un día de entrenamiento o la competición tendrían peores estados de ánimo y esto les supondría realizar un mayor esfuerzo (102). Es muy probable, que la restricción del sueño perjudique la motivación del deportista, y por tanto

comprometa su capacidad para rendir con la máxima eficacia, especialmente en aquellas sesiones que requieren de altos niveles de intensidad (71).

Waterhouse et al. (103) investigaron los efectos de una siesta a mediodía en el rendimiento de velocidad tras la privación parcial de sueño (4h de sueño). Después de una siesta de 30 minutos, se incrementó el rendimiento en pruebas de velocidad, se aumentó el estado de alerta y se redujo la somnolencia al comparar a los deportistas que realizaron la prueba física sin siesta previa. Teniendo en cuenta estos datos, y siendo las pruebas de velocidad y de resistencia en el turno de tarde, sería aconsejable que los alumnos que tengan la oportunidad fueran a su casa a comer y se echasen a ser posible una siesta.

## 6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados del presente trabajo, se puede concluir que:

1. Los sujetos el día de las pruebas de ingreso ingirieron unos rangos de energía relativos al peso (Kcal /Kg) que cumplen con las pautas establecidas por el ISSN.
2. La distribución de la energía en las distintas comidas fue correcta como media, pero en la noche previa (cena) se consumió un exceso de energía en forma de lípidos y un defecto de HC.
3. Las mujeres consumieron mayor cantidad en valores relativos al peso de energía (Kcal/Kg) y de HC (g/Kg).
4. Las horas de sueño se vieron disminuidas la noche previa, debido posiblemente al estrés producido por las pruebas de acceso.



## **7. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

Se podría profundizar en el análisis de los datos recogidos pero en mi caso me he centrado en presentar los datos de forma descriptiva a modo de resultados preliminares.

En cuanto a las limitaciones del trabajo, destacar que al utilizar el registro dietético mediante el método del recuerdo de 24 horas es posible que se omitan datos por olvido debido a que se realizó el estudio en un día de máximo estrés. La subvaloración de la ingesta se ha citado (93) entre las desventajas de éste método de recuento de alimentos en 24h destacando en estos casos la importancia de la cooperación y de la comunicación con el deportista entrevistado así como de la habilidad del entrevistador, para estimar y rellenar los cuestionarios indicando el tamaño de las porciones.

El registro de las horas de sueño, fue estimado con una media habitual de las horas de sueño pero no fue medido.



## **8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

Este trabajo se podría continuar mediante un análisis estadístico de los resultados y presentar su relación con el rendimiento físico en las pruebas de ingreso.

Establecer los patrones tanto nutricionales como de sueño en la misma población deportista pero en días habituales de entrenamiento para estimar como varían sus hábitos ante una situación de estrés.

Determinar cuáles son las pautas de sueño óptimas (h/noche) para la noche previa mediante un análisis estadístico de su efecto en el rendimiento físico de las pruebas para proponer consejos a seguir para conseguir una mejor calidad del sueño el día previo.

Establecer las pautas de hidratación adecuadas para ese día mediante el uso del pesaje realizado en diferentes momentos de las pruebas físicas.





## 9. BIBLIOGRAFÍA:

1. Gidding SS, Lichtenstein AH, Faith MS, Karpyn A, Mennella JA, Popkin B, et al. Implementing American Heart Association Pediatric and Adult Nutrition Guidelines A Scientific Statement From the American Heart Association Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology, Council on Cardiovascular Nursing, Council on Epidemiology and Prevention, and Council for High Blood Pressure Research. *Circulation*. 2009;119(8):1161-75.
2. Chicharro JL, & Vaquero, A. F. *Fisiología del ejercicio*. 3ª ed. Madrid: Panamericana; 2006.
3. Rodriguez NR, DiMarco NM, Langley S. Nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(3):709-31.
4. Mougios V. *Exercise Biochemistry*. Champaign (IL): Human Kinetics; 2006.
5. Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers A, Saris W. Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 1997;273(2):E268-E75.
6. Jeukendrup AE, Jentjens R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. *Sports Medicine*. 2000;29(6):407-24.
7. Driskell JA, Wolinsky I. *Nutritional concerns in recreation, exercise, and sport*: CRC Press; 2009.
8. Spriet L. Recent Advances in Sports Nutrition. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2014;44:3.
9. Thompson JL, Manore MM, Skinner JS, Ravussin E, Spraul M. Daily energy expenditure in male endurance athletes with differing energy intakes. *Medicine and science in sports and exercise*. 1995;27(3):347-54.
10. Donahoo WT, Levine JA, Melanson EL. Variability in energy expenditure and its components. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2004;7(6):599-605.
11. Houtkooper L, Abbot JM, Nimmo M. Nutrition for throwers, jumpers, and combined events athletes. *Journal of Sports Sciences*. 2007;25(S1):S39-S47.

12. Potgieter S. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition*. 2013;26(1):6-16.
13. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7(7):2-43.
14. Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *Journal of sports sciences*. 2011;29(sup1):S7-S15.
15. Todd KS, Butterfield GE, Calloway DH. Nitrogen balance in men with adequate and deficient energy intake at three levels of work. *The Journal of nutrition*. 1984;114(11):2107-18.
16. Loucks A, Verdun M, Heath E. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *Journal of Applied Physiology*. 1998;84(1):37-46.
17. Jebb SA, Prentice AM, Goldberg GR, Murgatroyd PR, Black AE, Coward W. Changes in macronutrient balance during over- and underfeeding assessed by 12-d continuous whole-body calorimetry. *The American journal of clinical nutrition*. 1996;64(3):259-66.
18. Loucks AB. Energy availability, not body fatness, regulates reproductive function in women. *Exercise and sport sciences reviews*. 2003;31(3):144-8.
19. Rodriguez NR, DiMarco NM, Langley S. Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009;109(3):509-27.
20. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*. 2011; 29 (sup1):S17-S27.
21. Kerkick C, Harvey T, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R, et al. International Society of Sports Nutrition stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2008;5:17.

22. Philips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Journal of sports sciences*. 2011; 29(sup 1):S29-S38.
23. Nutrition Information Centre, Stellenbosch University. *Dietary Reference Intakes*. Washington: The National Academies Press; 2008.
24. Hellwig JP, Otten JJ, Meyers LD. *Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements*: National Academies Press; 2006.
25. Slater G, Philips SM. Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of sports sciences*. 2011;29(sup1):S67-S77.
26. Institute of Medicine. Panel on Macronutrients, Institute of Medicine (US). Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Washington (DC): The National Academies Press; 2005.
27. United States Department of Health and Human Services and United States Department of Agriculture. *Dietary Guidelines for Americans*. Washington (DC): US Government Printing Office; 2005.
28. Eating Well With Canada's Food Guide Web site [Internet]. Ontario (Canada): Health Canada. Available from: <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/indexeng>.
29. Sundgot-Borgen, J., & Garthe, I. Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions. *Journal of sports sciences*. 2011;29(sup1), S101-S114.
30. Driskell J. Summary: Vitamins and trace elements in sports nutrition. In: Wolinsky I, Driskell JA, editors. *Sports Nutrition: Vitamins and trace elements*. New York (NY): CRC/ Taylor & Francis; 2006. p.323-31.
31. Jentjens R, Cale C, Gutch C, Jeukendrup A. Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *European journal of applied physiology*. 2003;88(4-5):444-2.

32. Moseley L, Lancaster GI, Jeukendrup AE. Effects of timing of pre-exercise ingestion of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *European journal of applied physiology*. 2003;88(4-5):453-8.
33. Berning J. Fueling Athletes for Training and Competition. *Fitness Journal*. 2011; 73-75.
34. Anantaraman R, Carmines A, Gaesser G, Weltman A. Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 hour of high-intensity exercise. *International journal of sports medicine*. 1995;16(7):461-5.
35. Sugiura K, Kobayashi K. Effect of carbohydrate ingestion on sprint performance following continuous and intermittent exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30(11):1624-30.
36. Jeukendrup A, Brouns F, Wagenmakers A, Saris W. Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *International journal of sports medicine*. 1997(18):125-9.
37. Nicholas CW, Williams C, Lakomy HK, Phillips G, Nowitz A. Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Sciences*. 1995;13(4):283-90.
38. Jeukendrup A. Carbohydrate supplementation during exercise: does it help? How much is too much? *Gatorade Sports Sciences Exch*. 2007;20:1–5. Gatorade Sports Science Institute Web site [Internet]. 2007 [cited 2008 June 20]. Available from: [http://www.gssiweb.com/Article\\_Detail.aspx?articleid=757](http://www.gssiweb.com/Article_Detail.aspx?articleid=757).
39. Coggan AR, Coyle EF. Carbohydrate Ingestion During Prolonged Exercise: Effects on Metabolism and Performance. *Exercise and sport sciences reviews*. 1991;19(1):1-40.

40. Currell K, Jeukendrup A. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*. 2008;40(2):275.
41. Mcconell G, Klood K, Hargreaves M. Effect of timing of carbohydrate ingestion on endurance exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1996(28):1300-4
42. Jentjens R, Jeukendrup AE. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*. 2003;33(2):117-44.
43. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American journal of clinical nutrition*. 2009;89(1):161-8.
44. Howarth KR, Moreau NA, Phillips SM, Gibala MJ. Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *Journal of Applied Physiology*. 2009;106(4):1394-402.
45. Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, PyneSW, Roberts WO. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Medicine Science of Sports Exercise*. 2007;39:556–72.
46. Febbraio MA. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Medicine*. 2001;31(1):47-59.
47. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007;39(2):377-90.
48. Chrysanthopoulos C, Williams C. Pre-exercise carbohydrate meal and endurance running capacity when carbohydrates are ingested during exercise. *International journal of sports medicine*. 1997;18(7):543-8.

49. Chryssanthopoulos, C, et al. 2002. The effect of a high carbohydrate meal on endurance running capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12(2), 157-71.
50. Carter J, Jeukendrup AE, Mundel T, Jones DA. Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. *Pflügers Archiv*. 2003;446(2):211-9.
51. Shirreffs SM, Sawka MN. Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of sports sciences*. 2011;29(sup1):S39-S46.
52. Carskadon MA, Dement WC. Normal human sleep: an overview. *Principles and practice of sleep medicine*. 2000;2:16-25.
53. Porkka-Heiskanen T, Zitting KM, Wigren HK. Sleep, its regulation and possible mechanisms of sleep disturbances. *Acta Physiologica*. 2013;208(4):311-28.
54. Halson SL. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine*. 2014;44(1):13-23.
55. Cirelli C, Tononi G. Is sleep essential? *PLoS biology*. 2008;6(8):e216.
56. Dattilo M, Antunes H, Medeiros A, Neto MM, Souza H, Tufik S, et al. Sleep and muscle recovery: endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis. *Medical hypotheses*. 2011;77(2):220-2.
57. Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *The Lancet*. 1999;354(9188):1435-9.
58. Dettoni JL, Consolim-Colombo FM, Drager LF, Rubira MC, de Souza SBPC, Irigoyen MC, et al. Cardiovascular effects of partial sleep deprivation in healthy volunteers. *Journal of Applied Physiology*. 2012;113(2):232-6.
59. Cappuccio FP, D'Elia L, Strazzullo P, Miller MA. Sleep duration and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep*. 2010;33(5):585.

60. Buxton OM, Marcelli E. Short and long sleep are positively associated with obesity, diabetes, hypertension, and cardiovascular disease among adults in the United States. *Social science & medicine*. 2010;71(5):1027-36.
61. Spruyt K, Molfese DL, Gozal D. Sleep duration, sleep regularity, body weight, and metabolic homeostasis in school-aged children. *Pediatrics*. 2011;127(2):e345-e52.
62. Steiger A. Sleep and the hypothalamo–pituitary–adrenocortical system. *Sleep medicine reviews*. 2002;6(2):125-38.
63. Atkinson G, Drust B, Reilly T, Waterhouse J. The relevance of melatonin to sports medicine and science. *Sports Medicine*. 2003;33(11):809-31.
64. Watson NF, Harden KP, Buchwald D, Vitiello MV, Pack AI, Weigle DS, et al. Sleep duration and body mass index in twins: a gene-environment interaction. *Sleep*. 2012;35(5):597.
65. Williams JA, Zimmerman FJ, Bell JF. Norms and trends of sleep time among US children and adolescents. *JAMA pediatrics*. 2013;167(1):55-60.
66. Kronholm E, Härmä M, Hublin C, Aro AR, Partonen T. Self-reported sleep duration in Finnish general population. *Journal of sleep research*. 2006;15(3):276-90.
67. Belenky G, Wesensten NJ, Thorne DR, Thomas ML, Sing HC, Redmond DP, et al. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: A sleep dose-response study. *Journal of sleep research*. 2003;12(1):1-12.
68. Van Dongen HP, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *SLEEP-NEW YORK THEN WESTCHESTER*. 2003;26(2):117-29.
69. Utge S, Soronen P, Partonen T, Loukola A, Kronholm E, Pirkola S, et al. A population-based association study of candidate genes for depression and sleep disturbance. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*. 2010;153(2):468-76.



70. Utge S, Kronholm E, Partonen T, Soronen P, Ollila HM, Loukola A, et al. Shared genetic background for regulation of mood and sleep: association of GRIA3 with sleep duration in healthy Finnish women. *Sleep*. 2011;34(10):1309-13016.
71. Reilly T, Edwards B. Altered sleep–wake cycles and physical performance in athletes. *Physiology & behavior*. 2007;90(2):274-84.
72. Fallon KE. Blood tests in tired elite athletes: expectations of athletes, coaches and sport science/sports medicine staff. *British journal of sports medicine*. 2007;41(1):41-4.
73. Erlacher D, Ehrlenspiel F, Adegbesan OA, Galal El-Din H. Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *Journal of sports sciences*. 2011;29(8):859-66.
74. Ohayon MM. Epidemiology of insomnia: what we know and what we still need to learn. *Sleep medicine reviews*. 2002;6(2):97-111.
75. Kompier MA, Taris TW, Van Veldhoven M. Tossing and turning—Insomnia in relation to occupational stress, rumination, fatigue, and well-being. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 2012;38(3):238-46.
76. Shapiro CM, Bortz R, Mitchell D, Bartel P, Jooste P. Slow-wave sleep: a recovery period after exercise. *Science*. 1981;214(4526):1253-4.
77. Dijk D-J. Slow-wave sleep deficiency and enhancement: implications for insomnia and its management. *World Journal of Biological Psychiatry*. 2010;11(S1):22-8.
78. Postolache TT, Oren DA. Circadian phase shifting, alerting, and antidepressant effects of bright light treatment. *Clinics in sports medicine*. 2005;24(2):381-413.
79. Stepanski EJ, Wyatt JK. Use of sleep hygiene in the treatment of insomnia. *Sleep medicine reviews*. 2003;7(3):215-25.
80. Markus CR, Jonkman LM, Lammers JH, Deutz NE, Messer MH, Rigtering N. Evening intake of  $\alpha$ -lactalbumin increases plasma tryptophan availability and improves morning alertness and brain measures of attention. *The American journal of clinical nutrition*. 2005;81(5):1026-33.

81. Bent S, Padula A, Moore D, Patterson M, Mehling W. Valerian for sleep: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of medicine*. 2006;119(12):1005-12.
82. Morin AK, Jarvis CI, Lynch AM. Therapeutic Options for Sleep-Maintenance and Sleep-Onset Insomnia. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*. 2007;27(1):89-110.
83. Wheatley D. Medicinal plants for insomnia: a review of their pharmacology, efficacy and tolerability. *Journal of psychopharmacology*. 2005;19(4):414-21.
84. Halson SL. Nutrition, sleep and recovery. *European Journal of sport science*. 2008;8(2):119-26.
85. Silber B, Schmitt J. Effects of tryptophan loading on human cognition, mood, and sleep. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2010;34(3):387-407.
86. Afaghi A, O'Connor H, Chow CM. High-glycemic-index carbohydrate meals shorten sleep onset. *The American journal of clinical nutrition*. 2007;85(2):426-30.
87. Howatson G, Bell PG, Tallent J, Middleton B, McHugh MP, Ellis J. Effect of tart cherry juice (*Prunus cerasus*) on melatonin levels and enhanced sleep quality. *European journal of nutrition*. 2012;51(8):909-16.
88. Raymann RJ, Swaab DF, Van Someren EJ. Cutaneous warming promotes sleep onset. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2005;288(6):R1589-R97.
89. Feige B, Gann H, Brueck R, Hornyak M, Litsch S, Hohagen F, et al. Effects of alcohol on polysomnographically recorded sleep in healthy subjects. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. 2006;30(9):1527-37.
90. Hindmarch I, Rigney U, Stanley N, Quinlan P, Rycroft J, Lane J. A naturalistic investigation of the effects of day-long consumption of tea, coffee and water on alertness, sleep onset and sleep quality. *Psychopharmacology*. 2000;149(3):203-16.

91. Nehlig A, Daval J-L, Debry G. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews*. 1992;17(2):139-70.
92. Ortega Anta RM, LópezSobaler AM, Andrés Carvajales P, Requejo Marcos AM, AparicioVizuite A, MolineroCasares LM. DIAL 1.0. Programa para la evaluación de dietas y gestión de datos de alimentación. Madrid: AlceIngeniería; 2008.
93. Patterson RE, Pietinen P, Gibney M, Margetts B, Kearney J, Arab L. Assessment of nutritional status in individuals and populations. *Public health nutrition*. 2004:66-82.
94. Aranceta J, VarelaG, Serra L, Pérez C, Abellana R, Ara I et al. Consensus document and conclusions: Methodology of dietary surveys, studies on nutrition, physical activity and other lifestyles. *Nutrición Hospitalaria*. 2015; 31(supl.3):9-12.
95. Del Pozo S, García Iglesias V, Cuadrado C, Ruiz E, Valero T, Ávila J, et al. Valoración nutricional de la dieta española de acuerdo al Panel de Consumo Alimentario. Madrid: Fundación Española de Nutrición; 2012.
96. NationalSleepFoundation. Sleep in Americapoll. Washington, DC: National Sleep Foundation; 2006.
97. Kronholm E, Partonen T, Laatikainen T, Peltonen M, Härmä M, Hublin C, et al. Trends in self-reported sleep duration and insomnia-related symptoms in Finland from 1972 to 2005: a comparative review and re-analysis of Finnish population samples. *Journal of sleep research*. 2008;17(1):54-62.
98. Knutson KL, Van Cauter E, Rathouz PJ, DeLeire T, Lauderdale DS. Trends in the prevalence of short sleepers in the USA: 1975–2006. *Sleep*. 2010;33(1):37.
99. Reyner L, Horne J, Reyner A. Gender-and age-related differences in sleep determined by home-recorded sleep logs and actimetry from 400 adults. *Sleep*. 1995;18(2):127-34.

100. van Leeuwen W, Hublin C, Sallinen M, Härmä M, Hirvonen A, Porkka-Heiskanen T. Prolonged sleep restriction affects glucose metabolism in healthy young men. *International journal of endocrinology*. 2010;2010.
101. Reilly T, Deykin T. Effects of partial sleep loss on subjective states, psychomotor and physical performance tests. *Journal of Human Movement Studies*. 1983; 9:157-70.
102. Reilly T, Piercy M. The effect of partial sleep deprivation on weight-lifting performance. *Ergonomics*. 1994;37(1):107-15.
103. Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *Journal of sports sciences*. 2007;25(14):1557-66.







